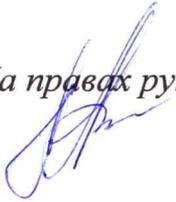


**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»**

На правах рукописи



Лабыкин Андрей Анатольевич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
КОНТРОЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА УПЛОТНЕННЫХ СНЕЖНЫХ
ПОКРЫТИЙ ЗИМНИХ ЛЕСНЫХ ДОРОГ**

4.3.4 – «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и
переработки древесины» (технические науки).

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель – И. Н. Кручинин,
доктор технических наук, доцент

Екатеринбург

2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СОСТОЯНИИ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЛЕСОВ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ГОДА.....	10
1.1. Освоение лесосырьевых баз в зимний период года.....	10
1.2 Транспортно-эксплуатационные показатели снежных поверхностей на зимних лесных дорогах.....	17
1.3. Особенности технологического контроля качества при строительстве зимних лесных дорог.....	23
1.4 Обзор современных методов оценки транспортно-эксплуатационных показателей зимних лесных дорог.....	27
Выводы по первой главе и постановка цели и задач исследования.....	31
ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, УПЛОТНЕННЫХ СНЕЖНЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ ЗИМНИХ ЛЕСНЫХ ДОРОГ.....	33
2.1 Теоретические основы строительства уплотненных снежных дорожных покрытий временных зимних лесных дорог.....	33
2.2 Разработка нейронечеткой сети оценки транспортно-эксплуатационных показателей уплотненного снежного дорожного покрытия зимних лесных дорог..	39
Выводы по второй главе.....	51
ГЛАВА 3. ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СНЕЖНЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ ЗИМНИХ ЛЕСНЫХ ДОРОГ.....	53

3.1 Разработка методики проведения опытно – экспериментальных исследований уплотненного снежного дорожного покрытия зимних лесных дорог.....	53
3.2 Планирование эксперимента по оценке транспортно-эксплуатационных показателей при строительстве уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог.....	62
3.3. Результаты экспериментальных исследований транспортно-эксплуатационных показателей снежных дорожных покрытий лесных дорог.....	68
3.4. Обоснование оптимальной величины модуля динамического прогиба уплотненного снежного покрытия.....	71
Выводы по третьей главе.....	73
ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА УПЛОТНЕННОГО СНЕЖНОГО ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ЗИМНИХ ЛЕСНЫХ ДОРОГ.....	75
4.1 Организационно-технологические решения при строительстве зимних лесных дорог.....	75
4.2 Технологический контроль качества строительства уплотненных снежных покрытий зимних лесных дорог.....	82
4.3 Экономическая эффективность применения технологического контроля при строительстве зимних лесных дорог с уплотненным снежным покрытием.....	87
Выводы по четвертой главе.....	90
ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....	92
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	94
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	106
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	112

ПРИЛОЖЕНИЕ В	116
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	120
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	129
ПРИЛОЖЕНИЕ Е	136
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж	159

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В настоящее время, при реализации стратегии по устойчивому развитию лесопромышленного комплекса Северных регионов Российской Федерации возникла необходимость в оценке качества функционирования лесотранспортной инфраструктуры в зимний период года. Чаще всего основные исследования в этой области нацелены на повышении эффективности строительства и эксплуатации лесных дорог круглогодичного действия. В тоже время, проблемы при строительстве и эксплуатации зимних лесных дорог практически не рассматриваются. Большинство исследователей в области строительства зимних лесных дорог, пришли к выводу, что для обеспечения требуемых транспортно-эксплуатационных показателей дорожных покрытий необходим пересмотр основных требований к технологическим параметрам дорожных покрытий из уплотненного снежного покрытия, а следовательно, и к технологическому контролю строительства зимних лесных дорог.

Существующие методы технологического контроля строительства зимних лесных дорог используют методы, разработанные еще в начале прошлого века, что существенно затрудняет оперативную оценку транспортно-эксплуатационных показателей снежных дорожных покрытий. При этом затраты на строительство зимних лесных дорог будут напрямую зависеть от способов их строительства и методов контроля.

Необходимость совершенствования методов технологического контроля при строительстве зимних лесных дороги в условиях глобального изменения климата обусловлена еще и тем, что влияние лесотранспортной инфраструктуры на средообразующую функцию лесов значительно и требует учета экологических последствий при рациональном природопользовании, поэтому исследования, направленные на решения этих задач, являются первоочередными и актуальными.

Работа выполнялась в соответствии со Стратегией развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года (распоряжение Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2021 года №312-р).

Степень разработанности темы исследования. Основные требования к зимним лесным и лесовозным автомобильным дорогам получили свое развитие в тридцатых – сороковых годах прошлого века. В дальнейшем, эти требования были определены и получили свое дальнейшее развитие во временных строительных нормах «Проектирование, строительство и содержание зимних автомобильных дорог в условиях Сибири и северо-востока СССР». Проблемами повышения эффективности строительства и эксплуатации лесовозных зимних дорог занимались такие учреждения высшего образования, как СПбГЛТУ, ВГЛТУ, УГЛТУ, УГТУ, ПГТУ, ими разработаны вопросы строительства и эксплуатации зимних лесовозных дорог. Выполненные исследования направлены на оценку решений транспортного освоения лесосырьевых баз в зимний период года, а также на изучение физико-механических свойств снежных покрытий, без анализа их транспортно-эксплуатационных показателей.

При этом требования, предъявляемые к технологическому контролю при строительстве зимних лесных дорог, технологиям их строительства и эксплуатации, были до конца не сформулированы.

В диссертации обосновывается решение проблемы совершенствования системы технологического контроля качества строительства зимних лесных дорог в уплотненном снежном дорожном покрытии.

Цель исследования. Совершенствование методов технологического контроля качества при строительстве уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог.

Задачи исследования:

1. Разработать методы оценки транспортно-эксплуатационных показателей уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог.

2. Провести комплекс экспериментальных исследований, по оценке транспортно-эксплуатационных показателей уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог.

3. Разработать систему технологического контроля качества при строительстве уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог.

Объект исследования: зимние лесные дороги.

Предмет исследования: методы, способы и средства технологического контроля зимних лесных дорог при их строительстве.

Методы исследования: системный анализ, математического моделирования, регрессионного анализа, эксперимента, математической статистики.

Научная новизна работы. Результатами диссертационной работы, обладающими научной новизной, являются:

1. Разработанная методика оценки транспортно-эксплуатационных показателей зимних лесных дорог, отличающаяся возможностью использования динамических методов испытаний уплотненного снежного дорожного покрытия.
2. Полученные аналитические и регрессионные зависимости изменения транспортно-эксплуатационных показателей зимних лесных дорог, отличающиеся возможностью их оценки по модулю динамического прогиба уплотненного снежного дорожного покрытия.
3. Разработанные рекомендации по совершенствованию технологического контроля качества строительства зимних лесных дорог, отличающиеся возможностью оценки транспортно-эксплуатационных показателей снежного покрытия по модулю динамического прогиба.

Научные положения, выносимые на защиту

1. Методика оценки транспортно-эксплуатационных показателей зимних лесных дорог, позволяющая найти динамические и статические параметры уплотненного снежного дорожного покрытия.

2. Закономерности изменения транспортно-эксплуатационных показателей зимних лесных дорог, позволяющие проводить оценку основных параметров уплотненного снежного дорожного покрытия по модулю динамического прогиба.

3. Система технологического контроля качества строительства уплотненного снежного дорожного покрытия, позволяющая повысить транспортно-эксплуатационные показатели зимних лесных дорог.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в совершенствовании системы технологического контроля качества строительства зимних лесных дорог в уплотненном снежном дорожном покрытии.

Результаты работы позволят повысить технический уровень строящихся зимних лесных дорог и увеличить срок их эксплуатации при освоении лесосырьевых баз в зимний период года.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Результаты, выносимые на защиту, относятся к пункту 8 – «Технология транспортного освоения лесосырьевых баз» (паспорт специальности 4.3.4 – «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины» (технические науки)).

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций. Сформулированные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации обоснованы теоретическими решениями и экспериментальными результатами, полученными в работе, базируются на результатах технологического контроля качества при строительстве зимних лесных дорог, не противоречат известным положениям научных методов математического моделирования и подтверждаются статистическими расчетами, выполненными на основе результатов опытных экспериментов. Полученные алгоритмы реализованы в виде вычислительных экспериментов в среде Matlab, FIS Editor, Microsoft Excel 2010.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации. В работе и опубликованных статьях автор обосновал актуальность темы, поставил цель научно-исследовательской работы и сформулировал

исследовательские задачи, определил и улучшил методические аспекты проведения исследований. Являлся инициатором и непосредственным участником проведения полевых экспериментов и сбора данных, осуществлял деятельность по аннотированию и ведению исследовательских данных. Автором выполнен анализ научно-технических источников информации, сформулированы проблема, цель, задачи исследования, получены теоретические и экспериментальные результаты, осуществлены их обработка, интерпретация и внедрение в производство и учебный процесс.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертации докладывались и обсуждались на международных научных, научно-практических и научно-технических конференциях:

– Научные достижения в XXI веке: модернизация, инновации, прогресс. Материалы III Международной научно-практической конференции (г. Анапа, 2022 г.);

– Разработка энергоресурсосберегающих и экологически безопасных технологий лесопромышленного комплекса. Материалы Международной научной конференции ученых и студентов, Воронеж, 28 сентября 2022 г. (г. Воронеж, 2022 г.)

Реализация работы. Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований внедрены в Свердловской, Челябинской области при строительстве зимних лесных дорог, используются в учебном процессе Уральского государственного лесотехнического университета.

Публикации. Результаты исследований отражены в 15 научных работах общим объемом 4,84 п.л. (авторских 3,4 п.л.), в том числе в 3 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, общих выводов и приложений; содержит 161 страниц текста, 29 таблиц, 24 рисунка и библиографический список из 108 наименований, включая 16 на иностранных языках.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СОСТОЯНИИ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЛЕСОВ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ГОДА

1.1. Освоение лесосырьевых баз в зимний период года

Все лесные дороги служат для осуществления технологических операций по перемещению древесины. Основные требования и их транспортно-эксплуатационные показатели, в применении к лесным дорогам, обозначены в исследованиях таких ученых как, В.И. Алябьев, Н.П. Вырко, Б.А. Ильин, Э.О. Салминен и др. [3, 20, 35, 78]. В этих исследованиях предлагаются и оцениваются методы функционирования транспортных систем лесопромышленного комплекса. Разрабатываются мероприятия по оценке транспортно-эксплуатационных показателей лесных автомобильных дорог [8].

В связи с тем, что лесные дороги необходимы для непрерывного функционирования лесопромышленного комплекса и для транспортировки древесины или снабжения лесозаготовительных предприятий необходимо провести их классификацию. Не стоит и забывать об новых реалиях лесозаготовительных предприятий, а именно об арендаторах лесных массивов. Все основные лесные автомобильные дороги делят , по уровню их использования на: лесовозные усы, лесовозные ветки и лесовозные магистральные дороги.

Иерархия построения лесотранспортной сети следующая: от усов, веток до магистральных дорог. Все лесные автомобильные дороги, в зависимости от их назначения подразделяют на лесные дороги постоянного действия, чаще всего это свыше 15 лет. В тоже время существует сеть временных лесных дорог. Их время функционирования не более 5 лет [2, 33, 51, 89].

Если посмотреть на их структуру, то окажется, что лесные дороги постоянного действия, это дороги магистральные, которые соединяют лесосырьевые базы с лесным складским хозяйством. Все основные магистральные

лесные дороги функционируют до полного освоения лесосырьевой базы или в течение всего срока службы лесозаготовительного предприятия [91].

К магистралям примыкают ветки, которые служат для транспортировки древесины с лесосек. Все временные дороги функционируют от 1 до 5 лет. Это лесовозные ветки и лесовозные усы. К ним можно так же отнести и лесные лесохозяйственные дороги для обслуживания лесохозяйственных или противопожарных мероприятий. Лесовозные ветки функционируют в пределах от 1 до 3 лет. Лесовозные усы в пределах одного года.

Свод правил [83] классифицирует лесные автомобильные дороги лесопромышленных предприятий по следующей иерархии: лесные автомобильные дороги внешние, которые примыкают к предприятиям лесопромышленного комплекса. При этом это подъездные пути, соединяющие их с автомобильными дорогами общего пользования; лесные автомобильные дороги иные, которые соединят отдельные лесоучастки или арендованные делянки, на которых может осуществляться лесохозяйственная деятельность. Представленные лесные дороги могут относиться как к магистральным, так рассматриваться и как внутриплощадочными или внутризаводскими [82, 86].

При транспортном освоении лесосырьевых баз необходимо провести оценку транспортной доступности лесных арендованных участков [16, 85]. Необходимо провести оценку эколого-экономических показателей транспортировки древесины по лесным автомобильным дорогам [31, 71, 73, 79, 95, 105, 106, 107].

Необходимо провести оценку основных транспортно-эксплуатационных показателей, а именно, грузооборот лесной автомобильной дороги, грузовая работа лесной автомобильной дороги, среднее расстояние транспортировки лесных грузов, средневзвешенный годовой пробег лесовозных автомобилей [28].

В случае грузонапряженности лесной дороги менее 100 тыс. т нетто/год, дорогу следует отнести к категории I а.

В случае грузонапряженности лесной дороги более 100 тыс. т нетто/год, дорогу следует отнести к категории II а.

Лесные дороги относятся к транспортной инфраструктуре лесов и могут включать в себя и лесохозяйственные дороги.

Лесохозяйственные дороги необходимы для обслуживания работ по лесовосстановлению, работ по охране лесов, работ по тушению пожаров и работ от вредителей леса.

Общее деление лесных лесохозяйственных дорог, при освоении лесосырьевых баз представлено в таблице 1.1. Все лесохозяйственные дороги могут рассматриваться как дороги низших типов. А это дороги низших типов, для их объединения в единую транспортную сеть. Или дороги низших типов для освоения отдельных участков лесных массивов, а так же для проведения лесохозяйственных мероприятий. Они могут быть: А I или Б II [83].

Если рассмотреть лесотранспортную инфраструктуру лесосырьевых баз Свердловской области, то можно увидеть, что она насчитывает около 50 тыс. километров лесных дорог. Причем, из них лесных дорог постоянного действия составляет около 2,5 тыс. км [90]. Основные элементы лесотранспортной инфраструктура лесов Свердловской области рассмотрены в Приложении А, таблица А.1. Практически все они не входят в состав дорог общего пользования. Из Приложения А, таблицы А.2, видно, что они в большинстве случаев являются бесхозными. При этом эксплуатируются эпизодически, и только при освоении прилегающих лесосырьевых баз.

По данным «Союза Лесопромышленников» на территории Свердловской области, общая протяженность лесных автомобильных дорог с облегченным и усовершенствованным типом дорожного покрытия, т.е. магистральных дорог, в настоящее время находится от 78 до 498 км.

Особо следует рассмотреть потребность в обеспечении лесосырьевых баз Свердловской области временными лесными дорогами и дорогами зимнего действия. В таблице А.3, Приложения А представлена действующая сеть временных лесных дорог в зимний период года.

Таблица 1.1 – Общее деление лесных лесохозяйственных дорог, при освоении лесосырьевых баз

Лесные лесохозяйственные дороги	интенсивность движения, авт./сут	Категория
Магистральные лесные дороги	От 25 до 50	I
Лесные дороги с выходом на дороги общего пользования	До 25	II
Лесные дороги противопожарные	Единичная	III
Лесные дороги для вывозки лесохимического сырья	Единичная	III
Лесные дороги к временным лесопитомникам	Единичная	III
Лесные дороги к постоянным лесосеменным участкам, егерским участкам	Единичная	III

Основные требования к временным дорогам, расположенным в лесосырьевых базах представлены в СП 288.1325800.2016 Лесные дороги. Правила проектирования и строительства [83].

Лесные дороги по назначению стали подразделять на лесовозные лесные дороги и лесохозяйственные лесные дороги. Лесовозные лесные дороги предназначены для вывозки заготовленной древесины с мест заготовки, перевозки лесозаготовительной техники, технических грузов и доставки персонала к местам работы и обратно, а также для лесохозяйственных целей (охраны, защиты и воспроизводства лесов). Особо отмечается, что лесовозные лесные дороги строят в эксплуатирующихся лесах. По срокам действия выделяют лесовозные лесные дороги постоянного действия и временные. Лесовозные лесные дороги постоянного действия являются объектами капитального строительства и подразделяются на грузосборочные (лесовозные магистрали), лесовозные ветки - ответвления от лесовозной магистрали и лесовозные усы - ответвления от лесовозных веток [91]. План развития транспортной инфраструктуры лесов при освоении лесосырьевых баз Свердловской области на период 2017-2027 гг. представлен в таблице А.4 Приложения А. Как видно из материалов, общее

строительство лесных дорог планируется довести до 242 км, общее количество реконструируемых участков до 1662 км, общее количество ремонтов лесных дорог до 686 км [58].

Временные же лесные дороги, не являются объектами капитального строительства и создаются без разработки проекта, соответствующего требованиям настоящего свода правил и правил заготовки древесины. Временные лесные дороги подразделяются на лесные дороги летнего действия и зимнего (зимники).

В структуре лесотранспортного освоения лесов особая роль отводится временным дорогам как летнего, так и зимнего действия.

В Уральском Федеральном округе, в зимний период года наблюдается устойчивая и продолжительная отрицательная температура воздуха, что благоприятно влияет на развитие зимнего лесотранспорта.

В известных работах Б.П. Вейнберга [13], К.Ф. Войтковского [15], А.К. Дюнина [29], С.И. Морозова [61], Ф.А. Павлова [65] и других рассмотрены основные принципы и методы строительства автозимников.

В таблице 1.2 и таблице А.3, приложения подробно рассмотрена структура зимних лесных дорог лесозаготовительных предприятий Свердловской области.

Общая структура зимних временных лесных дорог состоит из: простейших зимников; улучшенных зимников; снежно-ледяных зимников.

Зимники простейшие служат для транспортировки лесоматериалов при крайне незначительном грузообороте лесных дорог.

Зимники улучшенные служат для транспортировки лесоматериалов по уплотненным спланированным земляном полотне.

Зимники снежно-ледяные для транспортировки лесоматериалов по снежно-ледяным покрытиям, создаваемым за счет периодической поливкой водой зимних дорог.

По природно-климатическим условиям территория Свердловской области достаточна для использования снежно-применения ледяных дорог. Для таких дорог

недостаточное количество снежных осадков компенсируется повышенным расходом воды, но приводит к удорожанию автозимников [6, 62].

К концу зимы толщина снежно-ледяного покрытия может достигать до 0,5 м. При их эксплуатации, по мере выпадения снежных осадков, их не убирают, а послойно уплотняют и проливают водой. Наибольшее развитие в области строительства и эксплуатации снежных, снего-ледяных и ледяных дорог внесли работы М.М. Корунова [37].

Таблица 1.2 - Виды временных зимних лесных дорог

Наименование	Дорожные работы	Обоснование для строительства	Условия эксплуатации
Зимник (простейший)	Уплотнение	Уплотненное снежное покрытие, плотностью от 0,30 до 0,40 г/см ³	Лесные дороги, лесные усы
Снежные улучшенные	Уплотнение снега	Уплотненное снежное покрытие, плотностью от 0,50 до 0,60 г/см ³	Лесные дороги, лесные магистрали
Снежно-ледяные	Уплотнение снега, поливка водой	Уплотненное снежное покрытие, или снежно-ледяное покрытие плотностью от 0,60 до 0,76 г/см ³	Лесные дороги, лесные магистрали

Устройство зимних дорог на болотах проводят с учетом глубины заболоченного участка, основных физико-механических свойств заторфованных грунтов и возможности его промерзаемости.

С наступлением устойчивых отрицательных температур, с целью устойчивости промерзания и возможностью запуска в эксплуатацию зимней лесной дороги производят не только проминку подготовленного основания земляного полотна, но и для образования промерзшего слоя, способного обеспечить лесовозный подвижной состав. Обжимку снежных покрытий производят как гусеничными, так и колесными трелевочными тракторами.

В процессе строительства временных зимних лесных дорог необходимо провести общую оценку физико-механических параметров снега.

Снег, лежащий на дорожном покрытии будем оценивать с точки зрения дорожно-строительного материала, который имеет определенный набор свойств и характеристик [19, 49, 74, 92, 93, 96, 104].

Одной из характеристик снежного покрытия может служить параметр взаимодействия, а именно сопротивление резанию снежного покрова. Сопротивление резанию снежного покрова характеризует общее сопротивление отделения части снега от снежного покрытия. Основные диапазоны его изменения представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Физико-механические свойства снежного покрова лесосырьевых баз

Тип снежного покрытия	Плотность, г/см ³	Твердость, МПа	Сопротивление, кПа
Снег свежесвыпавший	0,01-0,20	0,02	До 1,0
Снег рыхлый, обвалованный	0,22-0,30	0,2-0,6	От 5,0 до 10
Снег плотный	0,30-0,40	0,3-1,5	От 10 до 25,0
Снег слежавшийся	0,48-0,52	0,4-2,0	От 25,0 до 80,0
Снег уплотненный	0,55-0,70	0,4-3,0	От 100,0 до 500,
Снежно-ледяное покрытие	0,70-0,95	-	От 1000 до 2500

Технология уплотнения снежного покрова основана на физических методах, таких как процесс выглаживания снега, или его уплотнения шинами автомобилей при их перемещении по снежной поверхности [97] или уплотняющими машинами [99].

В случае выглаживания снежного покрова, с помощью гладилок будет осуществляться первоначальное, или первичное уплотнение снежного покрытия. Иногда используются иные методы уплотнения снежных поверхностей [69]. Обычно плиты применяются на начальном этапе уплотнения снежного покрова.

Таблица 1.4 - Транспортно-эксплуатационные показатели снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог

Снежное покрытие, №	№ 1	№ 2	№ 3
Тип снежного покрытия	Лесная дорога зимняя, с уплотненным снежным покрытием	Лесная дорога зимняя, снежная лесная целина, глубиной до 30 см	Лесная дорога зимняя, снег свежесвыпавший глубиной до 25 см
Плотность снежного покрытия, г/см ³	0,62	0,31	0,23
Связность снежного покрытия, МПа	От 0,009 до 0,018	От 0,001 до 0,004	От 0,001 до 0,004
Коэффициент внутреннего трения снежного покрытия	0,60	От 0,27 до 0,35	От 0,27 до 0,35
Твердость снежного покрытия, кПа	Не более 42,0	от 1,57 до 1,7	От 0,17 до 0,19
Тип снежного покрытия	Дискретный, связный	Дискретный	Дискретный
Вид снежного покрытия	Снежный покров уплотненный	Снежный покров перекристаллизованный	Снежный покров свежесвыпавший

1.2 Транспортно-эксплуатационные показатели снежных поверхностей на зимних лесных дорогах

Транспортно-эксплуатационные показатели снежных поверхностей на зимних лесных дорогах напрямую зависят от типа насаждений лесосырьевых баз. Так как осадки в зимний период года могут достигать четверти от общего количества годовых осадков, то они и образуют снежный покров. Известно, что

величина снежных осадков может варьироваться в пределах от 1 мм до 35 см в течении суток.

В пределах лесосырьевых баз Свердловской области, было выяснено, что древостой начинает оказывать свое интенсивное воздействие на формирование снежного покрова и перераспределении выпадающего снега. В таблице 1.5 представлены значения толщины снежного покрова по данным исследований Н. Н. Галахова [21].

Таблица 1.5 – Толщина снежного покрытия (по данным исследований Н. Н. Галахова)

Место измерений	Высота снежного покрытия		Общий запас зимней влаги	
	см	%	мм	%
Открытое поле	42,3	80	107,4	82
Лесная опушка	58,1	100	131,0	100
Лесная растительность, Береза	51,3	97	120,6	92
Лесная растительность, Сосняки	46,1	87	99,4	76
Лесная растительность, Ельники	35,4	67	77,9	60

Плотность снежного покрова служит основной характеристикой снежного покрытия. Обычно для их характеристик выбирают такие параметры как: пористость снега, жёсткость снега, твёрдость снега, влажность снега [7, 59]. Плотности снежного покрова представлены в таблице 1.6.

Плотность свежеснег выпавшего снега находится в прямой зависимости от температуры воздуха при снегопаде. Наибольшая плотность свежеснег выпавшего снега наблюдается в осенние месяцы; затем плотность постепенно уменьшается, достигая минимума в январе, и вновь увеличивается к весне.

Таблица 1.6 – Плотность свежеснежавшего снега, характерного для условий лесосырьевых баз, расположенных на территории Свердловской области

Тип снежного покрова	Плотность снежного покрова, г/см ³
Свежий снег	От 0,14
Метелевый снег	От 0,22
Рыхлый свежеснежавший	От 0,06 до 0,08
Рыхлый свежий хлопьями	От 0,04 до 0,07
Рыхлый свежий снежинками	От 0,08 до 0,12
Рыхлый свежий крупинками	От 0,13
Рыхлый свежий мелкими крупинками	От 0,08 до 0,02
Свежеснежавший с дождём	От 0,16 до 0,27
Свежеснежавший мокрый	От 0,13

Значительное влияние на уплотнение снежного покрытия лесных дорог оказывают внешние ветровые воздействия. Под действием внешнего давления от ветровой нагрузки, происходит деформация в снежном покрытии. Снежинки начинают укладываться более плотно. Начинает образовываться метелевый снежный покров. Снежный покров в лесной местности менее подвержен ветровому воздействию и тепловым воздействиям. Обычно, в условиях леса изменения плотности снега по глубине выявляются наиболее интенсивнее, в отличие от открытых участков [36].

Характерно, что плотность снежного покрытия на территориях лесосырьевых баз, обычно меньше чем на открытых участках. По данным наблюдений, среднюю плотность снежного покрова в лесном массиве можно оценить в диапазоне от 0,23 до 0,27 г/см³, причём, с глубиной свыше 30 см наблюдается его наибольшее значение [30].

При фирнизации происходит обратный процесс. Все колебания температуры около 0 °С сопровождаются повторными процессами таяния и смерзания снега.

Многочисленные исследования [39, 59, 80, 81, 94, 101] показали, что коэффициент трения о снег зависит как от типа материала, так и от внешнего давления.

Кроме коэффициента трения, в снежном покрытии следует различать коэффициент внутреннего трения, определяемый трением снежных частиц друг об друга.

Исследования, проведённые в работах [75, 103] доказали, что влажность снега оказывает существенное влияние на его плотность. При возрастании влажности снега происходит увеличение плотности снежного покрытия. Таким образом можно говорить, что наличие водной фазы в снежном покрове очень сильно влияет на физико-механические свойства снега.

В результатах исследований, проведенных К. Ф. Войтковским и П. П. Кузьминым, было показано, что разница температуры между верхними и нижним слоями снежного покрытия могут достигать значений в 20 ... 25 °С [15, 49].

Суточные колебания температуры затрагивают лишь верхний слой снега толщиной от 20 до 30 см. При толщине снежного покрова в пределах от 50 до 100 см температура снега у земли остаётся практически постоянной и находится в пределах от -2 до -5 °С и не зависит от температуры окружающего воздуха в диапазоне от 0 до -40 °С. Исследования по определению влияния температуры снега на его сопротивление деформации показали, что чем ниже температура, тем больше сопротивление снега деформации (соответственно больше коэффициент жёсткости и больше твёрдость). Причём, чем больше плотность снега, тем больше его твёрдость зависит от температуры [38, 41].

Твёрдость снежного покрова будет характеризовать обобщенную силу противодействия снега в результате внедрения в него внешних деформаторов (см. таблицу 1.7).

Угол внешнего трения снега характеризует отношение силы его трения о стальные элементы рабочих органов снегоуборочных машин к нормальным силам,

действующим на указанные поверхности. Эквивалентом этого угла является коэффициент внешнего трения снега.

С увеличением плотности снега угол внешнего трения начинает снижаться в результате увеличения площади контактов снежных кристаллов с поверхностью трения. Данное явление происходит в результате более плотной упаковки снежинок. С повышением температуры угол внешнего трения начинает уменьшаться до предела, соответствующего температуре снега $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Таблица 1.7 – Основные физико-механические свойства снежного покрытия на лесных дорогах

Характеристика снежного покрытия	Плотность снежного покрытия, г/см ³	Твёрдость снежного покрытия МПа	Сопротивление резанию снежного покрытия, МПа
Снег, свежесвыпавший	0,01–0,22	0,02	0,001
Снег, рыхлый, обвалованный	0,22–0,30	0,2–0,6	0,005–0,01
Снег, уплотнённый, слежавшийся	0,30–0,40	0,3–1,5	0,1–0,025
Снег, старый слежавшийся	0,48–0,52	0,4–2,0	0,025–0,08
Снежное покрытие, уплотнённый снежный накат	0,55–0,75	0,4–3,0	0,1–0,5
Снежное покрытие, уплотненное снежно-ледяное покрытие	0,76–0,95	–	1–2,5

Особо следует отметить свойства снежной поверхности в зависимости от влажности снега. В работах [5, 19, 27, 29, 108] было выявлено, что влажность оказывает значительное влияние на плотность снежного покрова. Помимо плотности влажность оказывает существенное влияние и на жесткость снежного покрытия. В таблице 1.8 представлено влияние влажности снежного покрытия на его жесткость.

Помимо жесткости снега следует отметить сцепные свойства снежных покрытий. В таблице 1.9 представлены данные, полученные С.И. Морозовым по

измерению коэффициента сцепления снежных дорожных покрытий [61]. На коэффициент сцепления оказывает значительное влияние не только температура, но и тип снежного покрытия.

Таблица 1.8 – Влияние влажности снежного покрова на его жесткость

Влажность снежного покрытия, %	Плотность снежного покрытия, г/см ³	Температура воздуха, 0 С	Коэффициент жёсткости снежного покрытия, кН/м
1,0	0,22	- 1	800
5,0	0,27	- 5	1200
2,0	0,32	- 10	1400

На основании работ, представленных в [9, 17, 25, 40, 46, 57, 66], было принято, что для основных показателей временных зимних лесных дорог следует считать: толщину уплотненного снежного дорожного покрытия; ширину уплотненного снежного дорожного покрытия; толщину рыхлого слоя снега на уплотненном дорожном покрытии; плотность снежного дорожного покрытия; глубину колеи на снежном дорожном покрытии; поперечную ровность снежного уплотненного дорожного покрытия.

Таблица 1.9 – Изменения параметров сцепления снежного покрытия зимних дорог (по данным исследований С.И. Морозова)

Тип снежного покрытия	Обобщенный коэффициент сцепления		
	Для транспортных машин	Для грузовых	
		Дорожное покрытие со снегом	Дорожное покрытие очищено от снега
Плотность 0,5 г/см ³ и выше при температуре ниже –4оС	0,80-0,75	0,25-0,35	0,60-0,65

Продолжение таблицы 1.9

Характеристика снежного покрытия	Коэффициент сцепления		
	Для гусеничных транспортных машин	Для грузовых автомобилей	
		Покрытие со снегом	Покрытие очищено от снега
Снежная целина толщиной 10 см	0,70-0,65	0,17	0,55
То же толщиной 15 см	0,62-0,50	0,14	0,55
20 см	0,55	0,16	0,55
30 см	0,40	0,18	0,55
40 см	0,30	0,15	0,55
60 см	0,15	0,15	0,55
Мокрый снег	0,23	0,19	0,35-0,45

1.3. Особенности технологического контроля качества при строительстве зимних лесных дорог

Лесотранспортную сеть формируют с целью транспортировки древесных грузов. Их деятельность осуществляется лесозаготовительными или лесохозяйственными предприятиями. Особенностью зимних лесных дорог в том, что они относятся к дорогам временного действия [35, 50].

Учитывая, что лесовозный транспорт относится к промышленному транспорту, был проанализирован СП 37.133330.2012 «Промышленный транспорт» [86].

Следует учитывать, что зимние лесные дороги чаще всего имеют незначительную интенсивность движения, а лесные лесохозяйственные вообще имеют явно невыраженный грузооборот. Было выявлено, что зимние лесные дороги являются наиболее распространенным типом временных дорог.

Проведя анализ нормативно-технического документа СП 243.1326000.2015, видим, что при конструировании и расчете дорожных одежд автомобильных дорог

с низкой интенсивностью основные ссылки идут на ГОСТ Р 58948-2020 Дороги автомобильные зимние и ледовые переправы. Технические правила устройства и содержания и даже на СП 313.1325800.2017 Дороги автомобильные в районах вечной мерзлоты. Правила проектирования и строительства [26, 82, 84].

Так как это временные дороги, то к ним можно применить и «Методические рекомендации по проектированию временных автомобильных дорог на строительных площадках», разработанных Проектно-изыскательским и научно-исследовательским институтом ЗАО «ПРОМТРАНСНИИПРОЕКТ» и введенным в действие 2018-01-01 [60].

Методы строительства и эксплуатации зимних лесных автомобильных дорог обеспечены конструктивными решениями и природными факторами. Основные требования к зимним временным дорогам представлены в нормативных показателях для проектирования и строительства дорог для условий Сибири и северо-востока СССР [17]. Рассмотрены в рекомендациях ГОСТ 33181-2014 Требования к уровню зимнего содержания [24]. А также в методических документах по защите автомобильных дорог от снежных осадков [63]. Рассмотрены в рекомендациях по проектированию снегозадерживающих технических устройств на автомобильных дорогах [64].

Для лесных дорог можно так же использовать опыт строительства дорог сельскохозяйственного назначения [102].

Различают основные способы строительства временных зимних лесных дорог:

- постепенное наращивание снежного дорожного покрытия полотна в течение зимнего периода года на подготовленном грунтовом основании;
- устройство снежных насыпей в начале зимнего периода с последующим регулярным уплотнением свежесвыпавшего снега в течение всего периода эксплуатации;
- устройство временных, обходных зимних лесных дорог по снежной целине без подготовки земляного полотна.

Устройство зимних дорог обеспечивается следующими основными положениями.

В случае выпадения снежных осадков необходимо обеспечить уплотнение снежного покрова на дорожном покрытии при толщине снега до 20 см.

Снежное покрытие более 25 см уплотнять не рекомендуется.

В случае нахождения снега на дорожном покрытии не более 10 см, уплотнение производить катками, гладилками или лесовозными автомобилями.

Снежный покров толщиной более 10 см следует уплотнять пневмокатками массой 10 - 15 т. Доуплотнение снежного покрытия происходит под действием движения лесовозного подвижного состава.

Снежный покров толщиной более 25 см уплотняют после предварительного рыхления и перемешивания его ребристыми катками, боронами.

При послойном наращивании снежного покрытия плотность снега в слое должна составлять не менее $0,6 \text{ г/см}^3$ для автозимников I - II категорий, а для III категории плотность должна составлять не менее $0,55 \text{ г/см}^3$.

Снежные насыпи, в случае достаточной толщины снежного покрова (а это более 30 см) возводят снегоочистителями сдвигающего действия путем поперечной или продольной надвигки снежного покрова послойно.

В случае применения шнекороторных снегоочистителей снежную насыпь возводят за счет последовательных продольных проходов. Сформированную снежную насыпь, толщиной от 30 до 40 см частично уплотняют бульдозерами или катками на пневматических шинах за 2 - 3 прохода по одному следу.

В случае недостаточной толщины естественного снежного покрова для накопления снега на месте будущей насыпи устраивают траншеи, снежные стенки или валы высотой, равной проектной высоте насыпи. Для устройства снежных стенок и валов используют бульдозеры, двухотвальные плужные снегоочистители или прицепные угольники. После накопления в теле снежной насыпи слоя снега толщиной от 40 до 50 см его рыхлят ребристыми металлическими катками,

планируют опущенным отвалом бульдозера и уплотняют катками на пневматических шинах за 2 - 3 прохода по одному следу.

Основным методом сооружения зимней снежной насыпи следует считать метод послойного возведения. В этом случае основная плотность снежного покрытия должна быть в пределах от 0,5 до 0,6 г/см³. В некоторых случаях используют технические устройства для уплотнения снежной поверхности [68].

Все виды технологических операций по уплотнению снега уточняют в каждом конкретном случае в зависимости от требуемых транспортно-эксплуатационных параметров и типа зимней лесной дороги.

При этом руководствуются следующими положениями: плотность снежного покрытия до 0,45 г/см³ достигается первичным уплотнением отвалом бульдозеров; плотность снежного покрытия до 0,55 г/см³ в случае, когда температура воздуха находится в пределах до минус 10 °С; плотность снежного дорожного покрытия от 0,50 до 0,60 г/см³ только при условии нахождения температура наружного воздуха не ниже минус 10 °С.

В случае необходимости получения плотности снежного покрытия более 0,60 г/см³ необходим полив снежного полотна водой.

Когда необходимо устройство снежно-ледяного дорожного покрытия на всю ширину проезжей части слой снежного покрытия поливают водой. Необходимо обеспечить равномерность полива водой и обеспечить временной интервал между обработкой в диапазоне от 10 до 12 часов. Нормой считается расход воды в пределах от 1 до 5 литров на квадратный метр покрытия. При обработке используются комбинированные дорожные машины.

При формировании дорожного снежного покрытия необходимо обеспечить требуемую прочность. Требуемая прочность напрямую будет зависеть от времени промерзания.

При строительстве временных лесных зимних дорог обычно используются машины для уплотнения снежных поверхностей. Чаще всего это дорожно-строительные или фрезерные машины.

1.4 Обзор современных методов оценки транспортно-эксплуатационных показателей зимних лесных дорог

В настоящее время, в условиях Свердловской области в зимний период года, наибольшее распространение получили дорожные одежды лесных зимних дорог состоящие из снега или снеголедяных отложений.

При строительстве снежных лесных дорог необходимо руководствоваться материалами ВСН 137-89 [17], СП 37.13330.2012 [86] и СП 78.133330.2012 [87].

К основным транспортно-эксплуатационным показателями зимних лесных дорог отнесем: толщину уплотненного снежного покрытия, плотность снежного покрытия, жесткость снежного покрытия, температуру окружающего воздуха.

В случае определения прочностных показателей снежных дорожных покрытий покрытия используют ударник Союздорнии У-1, пенетрометр типа твердомера НИАС (см. рисунок 1.1, а), плотномер снега (см. рисунок 1.1, б) [75].

Твердомер НИАС состоит из конуса, площадки для ступни человека, вертикальной стойки и вертикальной доски упора. Конус твердомера выполнен из дюралей или дерева, обшитого жестью или листовым алюминием, и жестко скрепляется с площадкой для ступни. Угол конуса у вершины - $34^{\circ}12'$, высота - 130 мм, диаметр основания - 80 мм. Площадка для ступни имеет размеры 300×120 мм. Вертикальная стойка высотой 700 мм имеет внизу квадратную пластинку - основание размером 100×100 мм. Стойка свободно двигается в двух направляющих скобах, прикрепленных к доске-упору. На стойке прикреплена металлическая стрелка, указывающая глубину погружения конуса в снег. Доска-упор размером 900×100 мм двумя фанерными косынками жестко скреплена с горизонтальной площадкой для ступни. На доске-упоре имеется шкала, по которой отсчитывают глубину погружения конуса в снег и по показателям которой определяют несущую способность уплотненного снега. Последовательность пользования твердомером следующая:

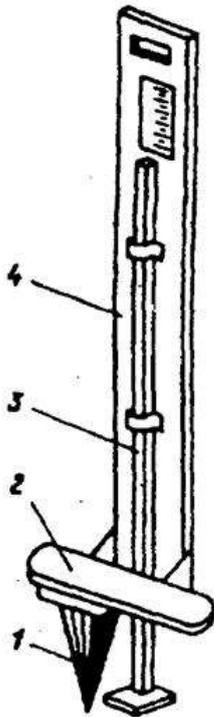


Рис. 1. Твердомер НИАС:
1 – конус; 2- площадка для ступни;
3 – вертикальная стойка;
4 – вертикальная доска-упор.

а)



в)

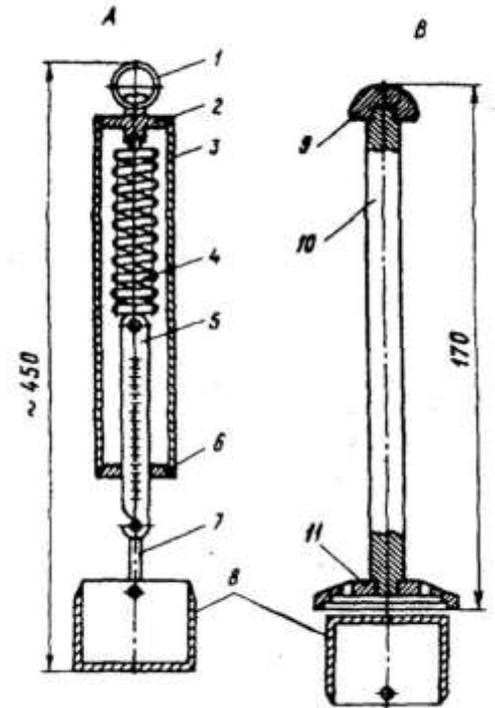


Рис. 4. Пружинный плотномер.

А – пружинные весы с мерным стаканчиком;
В – пробоотборник; 1 – кольцо (по месту); 2 – втулка; 3 – корпус; 4 – пружина (подбирается на растяжение); 5 – шкала;
6 – направляющая шкала; 7 – дужка (по месту); 8 – мерный стаканчик; 9 – головка; 10 – корпус пробоотборника; 11 – опорная площадка.

б)

Рисунок 1.1 – Приборы для определения прочностных показателей снежных дорожных покрытий (по материалам руководства по эксплуатации гражданских аэродромов Российской Федерации: а) - твердомер НИАС; б) - пружинный плотномер для снежных поверхностей; в) - прибор ОПС.

Поставить твердомер на снежное покрытие; Вынуть шпильку, скрепляющую стойку с доской-упором, рукой взяться за рукоятку и, став одной ногой на площадку для ступни, перенести на нее тяжесть своего тела, затем записать показание прибора по шкале.

Прочность уплотненного снега в зависимости от прилагаемой нагрузки и глубины погружения конуса определяется по графику, рассмотренному на рисунке 1.2.

При практическом использовании твердомера типа НИАС возникает проблема накопления ошибок при измерении прочности снега. Было выяснено, что твердомер НИАС невозможно поставить на снежное покрытие в вертикальной плоскости. При этом вес лаборанта не всегда может быть оценен правильно. Все эти допущения привели к невозможности оперативного проведения технологического контроля снежных покрытий.

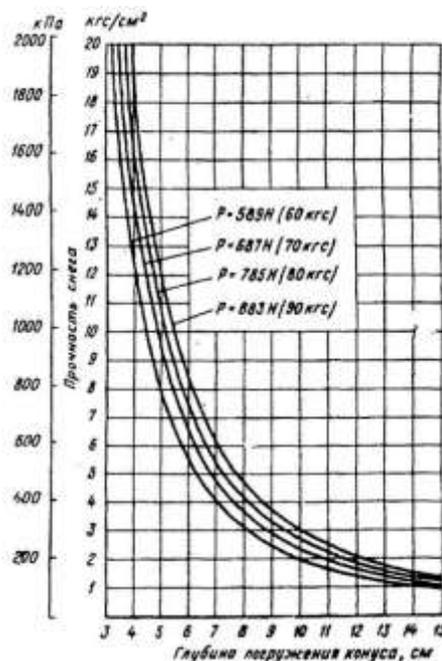


Рисунок 1.2 Зависимость глубины погружения индектора твердомера от твердости снежного покрытия (по материалам руководства по эксплуатации гражданских аэродромов Российской Федерации)

На рисунке 1.3 представлена физическая модель для исследования прочностных показателей уплотненного снежного покрытия зимних дорог,

разработанный в Сибирском федеральном университете, лишенный озвученных выше недостатков [32].

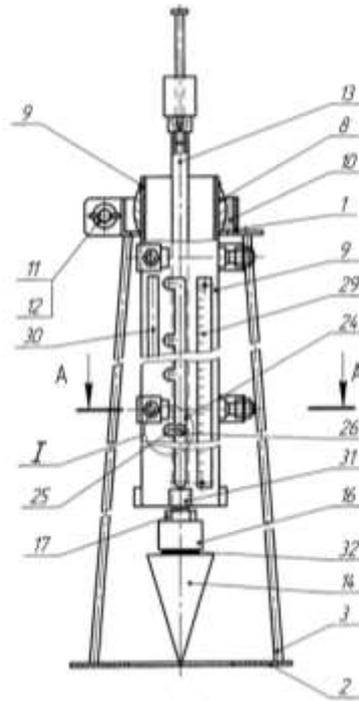


Рисунок 1.3. Стенд для исследования прочности уплотненного снежного покрова

В современной научно-технической документации рассматривают процессы взаимодействия с снежным покрытием различных пенетрометров. Например, пенетрометры конструкции В.З. Иофика или конструкции Киносита (Kinoshita) [32]. Эти приборы различаются только конструкциями и размерами индекторов, взаимодействующих со снежными покрытиями.

Твердомер. Описывается принцип их работы, рассматриваются преимущества и недостатки.

Значительное количество работ посвящено испытаниям снежных поверхностей путем вдавливания различных объемных деформаторов [43, 59, 77, 92]

В работах Уральского лесотехнического университета следует отметить исследования Кручинина И.Н. по оценке транспортно-эксплуатационных показателей неподготовленных поверхностей лесных дорог Пат. 41150 Российская Федерация, МПК7 G 01 N 1/20. Устройство для определения несущей способности

снежного покрова [67], Пат. 83073 Российская Федерация, МПК⁷ Е 01 Н 4/00. Устройство для формирования снежного наката на автомобильной дороге [69].

Из анализа используемого потенциала приборов для оценки транспортно-эксплуатационных показателей снежного покрова показал, что принципы их действия были разработаны в начале прошлого века и отличаются крайне низкой точностью, при значительной трудоемкости измерений [45, 75].

Качество строительства зимних лесных дорог с уплотненным снежным дорожным покрытием можно улучшить, если использовать весь потенциал уплотняющих устройств и методов оценки транспортно-эксплуатационных показателей [10, 42, 47].

Выводы по первой главе и постановка цели и задач исследования

В результате проведенного анализа методов и способов строительства и проведения технологического контроля качества строительства зимних временных лесных дорог было выяснено, что организация и функционирование лесотранспортной инфраструктуры лесов в зимний период года нуждается в переоценке.

Эффективная лесозаготовительная деятельность на представленных лесных территориях невозможна без эксплуатации зимних лесных автомобильных дорог с уплотненными снежными покрытиями.

Существующие методы оценки транспортно-эксплуатационных показателей зимних лесных дорог не нашли практического применения при освоении лесосырьевых баз в зимний период года.

Необходим поиск новых методов технологического контроля уплотненных снежных покрытий при строительстве зимних лесных дороги в уплотненном снежном дорожном покрытии, способных повысить транспортно-эксплуатационные показатели лесных дорог.

Проведенный анализ показал, что по комплексу предъявляемых требований и с учетом территориального размещения лесосырьевых баз на территориях

Свердловской области следует признать технологический контроль при строительстве зимних дорог в уплотненном снежном дорожном покрытии.

Существующие в настоящее время методы технологического контроля при строительстве зимних дорог не рассматривают процессы, при которых производится оценка изменения физико-механических свойств снежного покрова. При этом, обычно технологический контроль носит формальный характер

В случае строительства зимних дорог из уплотненного снежного покрытия технологический контроль нуждается в пересмотре, а строительному контролю качества должно уделяться повышенное внимание.

Цель исследования. Совершенствование методов технологического контроля качества при строительстве уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог.

Задачи исследования:

1. Разработать методы оценки транспортно-эксплуатационных показателей уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог.
2. Провести комплекс экспериментальных исследований, по оценке транспортно-эксплуатационных показателей уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог.
3. Разработать систему технологического контроля качества при строительстве уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, УПЛОТНЕННЫХ СНЕЖНЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ ЗИМНИХ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

2.1 Теоретические основы строительства уплотненных снежных дорожных покрытий временных зимних лесных дорог

В практике строительства транспортной инфраструктуры лесов в зимний период года уплотненный снежный покров на дорожном покрытии лесных дорог рассматривают как специально сформированный и уплотненный слой снега. От его физико-механических показателей будут зависеть основные технологические и транспортно-эксплуатационные показатели временных зимних лесных дорог.

Первым, и основным условием начала эксплуатации и строительства временных зимних лесных дорог является наличие снежного покрова на дорожном покрытии [17, 48]. Эти основные параметры были представлены в главе 1.

Для создания уплотненного снежного покрова необходимо второе условие, а именно отрицательная температура и относительная влажность воздуха, в диапазоне от 60 до 80 %. [11,52, 61].

Отличие строительства зимних лесных дорог состоит в том, что снег накапливается послойно и формирует снежный покров. Общий прирост снежного покрова, в зависимости от лесосырьевых баз может варьироваться от 0 до 0,25 м в течении суток.

На основе многолетних наблюдений, а также приведенных в наших работах [6, 53, 55] были получены средние значения интенсивности выпадения снежных осадков по дорожно-климатическим подзонам лесосырьевых баз Свердловской области (см. таблицу 2.1). Как видно, для Свердловской области плотность свежеснег выпавшего снега изменяется в диапазоне от 0,08 до 0,10 г/см³ [7].

Таблица 2.1. Многолетние наблюдения выпадения снежных осадков в лесосырьевых базах Свердловской области, в зависимости от климатических подзон (по данным исследований И.А. Афанасьева)

Климатические подзоны лесосырьевых баз	Интенсивность выпадения снежных осадков по месяцам, мм/сут				
	Январь	Февраль	Март	Ноябрь	Декабрь
А	14,1	20,8	19,1	26,4	24,0
В	8,2	14,4	12,5	17,4	14,7
С	11,9	16,5	15,7	23,5	19,9

Формирование уплотненного снежного дорожного покрытия на лесной дороге может осуществляться следующим путем:

- под действием лесовозных автопоездов, с последующим профилированием плужными снегоочистителями (в течении несколько суток);
- под действием дорожно-строительных машин, в течении суток.

Величина уплотненного снежного покрова на дорожном покрытии на лесной дороге может составлять, в зависимости от дорожно-климатической подзоны: А – от 13,0 до 16,0 см, для подзоны Б – от 8,0 до 10,0 см, для подзоны В – от 10,0 до 13,0 см [7].

Как было показано в материалах исследований И.Н. Кручина [44], считается, что необходимым условием для движения лесовозных автопоездов, величина слоя снежного покрытия на лесной дороге должна быть не менее 9,0 см.

Известно, что наибольшее значение уплотненного слоя снежного дорожного покрытия на временных лесных дорогах, в случае окончания зимнего периода года может быть оценена по формуле:

$$H_{усп} = \frac{h_c \gamma_c}{\gamma_n} \quad (2.1)$$

где h_c – величина снежного покрова, выпадающего на дорожное покрытие за весь зимний период, см;

γ_c – начальная плотность снега, выпадающего на дорожное покрытие, г/см³

($\gamma_c = 0,08 \dots 0,10 \text{ г/см}^3$);

γ_n – конечная плотность снега в уплотненном дорожном покрытии, г/см^3 ($\gamma_n = 0,60 \text{ г/см}^3$).

Определенные по формуле (2.1) параметры уплотненного снежного покрытия, для различных дорожно-климатических подзон представлены в таблице 2.2.

Известно, что основная плотность снежного дорожного покрытия лесной дороги может зависеть не только от интенсивности движения лесовозных автопоездов, но и от влажности воздуха и температуры внешней среды [54]. Это привело к тому, что разброс основных значений плотности снежного покрова лесной дороги может изменяться в диапазоне от 0,31 до 0,65 г/см^3 .

В этом случае, для одной и той же подзоны, расчетное, возможное наибольшее значение уплотненного слоя снега, к концу зимнего периода года может составить различные значения. В таблице 2.3 рассмотрены основные параметры уплотненного снежного покрытия, для различных дорожно-климатических подзон.

Таблица 2.2 – Параметры уплотненного снежного покрытия, для различных дорожно-климатических подзон

Дорожно-климатические подзоны, на примере Свердловской области	Наибольшее значение величины уплотненного снежного покрытия, см	
	Для свежесвыпавшего снега, плотностью не более 0,10 г/см^3	Для свежесвыпавшего снега, плотностью не более 0,08 г/см^3
Подзона А	27,5	22,0
Подзона В	15,8	12,7
Подзона С	24,2	19,3

В работе [7] было определено, что зимний период года характеризуется значительным испарением снежного покрытия. Испарение происходит даже в

случае, когда снег, находящегося в уплотненном слое. Средний коэффициент испарения снега за весь зимний период года может составить от 0,231 до 0,730.

Необходимо учитывать, что возможность рассеивания снежного покрова зависит от лесовозных автопоездов. Было выяснено, что количество рассеиваемого снега напрямую зависит от скорости их движения. Основные закономерности представлены в работе [43].

Таблица 2.3 - Наибольшая толщина снежного дорожного покрытия (по данным исследований И.Н. Кручинина)

Дорожно-климатические подзоны, на примере Свердловской области	При плотности свежесыпавшего снега от 0,08 г/см ³			При плотности свежесыпавшего снега от 0,1 г/см ³		
	Плотность снежного дорожного покрытия, г/см ³					
	0,4	0,5	0,65	0,4	0,5	0,65
Подзона А	33,0	26,4	20,3	41,3	33,0	25,4
Подзона В	19,0	15,2	11,7	23,8	19,0	14,6
Подзона С	29,0	23,2	17,8	36,3	29,0	22,3

В таблице 2.4 рассмотрены значения наибольшей толщины уплотненного снежного покрытия в конце зимнего периода года. Представленные значения рассчитаны для различных подзон и с учетом уменьшения толщины слоя и с учетом влияния скорости движения лесовозных автомобилей.

Известно, что при расчете наибольшего значения толщины уплотненного снежного покрытия, к окончанию зимнего периода года, необходимо оценивать не только износ снега, но и испарение снега. Все расчеты должны строиться для периода в каждые последующие месяцы года.

Таблица 2.4 – Наибольшая, расчетная величина уплотненного снежного покрова на покрытии за зимний период с учетом коэффициента уменьшения толщины слоя, см (по данным И.Н. Кручинина)

Дорожно-климатические подзоны, на примере Свердловской	При плотности свежесвыпавшего снега 0,08 г/см ³			При плотности свежесвыпавшего снега 0,1 г/см ³		
	Плотность снежного дорожного покрытия, г/см ³					
	0,4	0,5	0,65	0,4	0,5	0,65
Подзона А	22,1	17,7	14,7	27,7	22,1	17,0
Подзона В	11,6	93,0	77,0	14,5	11,6	89,0
Подзона С	16,2	13,0	10,8	20,3	16,2	12,5

В нашем случае, величину уплотненного снежного покрытия, на момент окончания зимнего сезона. А так же с учетом его увеличения, за счет ежемесячного наращивания за счет осадков и его уменьшения за счет испарения можно определить по выражению:

$$H_{\text{усп}}^{\text{год}} = \sum_{i=1}^n H_{\text{усп}i} (1 - K_{\text{ум}i}) \quad (2.2)$$

где $H_{\text{усп}i}$ – величина уплотненного слоя снежного покрытия в текущем месяце, мм;

$K_{\text{ум}i}$ – коэффициенты уменьшения величины уплотненного слоя снега, ежемесячно.

Расчетные значения величины уплотненного слоя снежного покрытия, для условий последнего дня, каждого месяца, с учетом испарения снега для каждого месяца и его износа приведены в таблице 2.5. Полученные данные оценены с помощью выражения 2.2.

Необходимо учитывать высокую теплоемкость снега и его способность к оплавлению, в процессе движений лесовозных автопоездов.

Было выяснено, что плотность снежного покрытия может возрасти до значений от 0,65 до 0,76 г/см³. [43]

Таблица 2.5 – Расчетные значения величины уплотненного слоя снежного покрытия на зимних лесных дорогах, см

Дорожно-климатическая подзона, на примере Свердловской области	Наибольшая скорость движения лесовозных автопоездов, км/ч	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март
А	45...50	4,5	8,9	13,3	15,2	15,7
	51...60	4,3	8,1	11,0	12,8	13,3
В	51...60	3,9	6,9	9,0	10,1	10,0
	61...70	3,8	6,7	8,4	9,3	9,0
С	50...60	4,0	6,9	9,1	10,3	11,2
	61...70	3,9	8,1	11,0	12,4	13,3

Таким образом, в процессе технологического контроля при строительстве зимних лесных дорог необходимо оценивать огромное количество факторов. Это и физические и механические и климатические факторы. Наименьшие допустимые значения плотности снежной поверхности, как технологического фактора представлены в таблице 2.6.

Было выяснено, что основные технологические факторы страдают нестабильностью и отличаются значительным разбросом основных показателей. Все это привело к тому, что для проведения технологического контроля уплотненного снежного покрова при строительстве зимних лесных дорог необходимо разработать новые критерии их оценки.

Таблица 2.6 Технологические показатели снежной поверхности лесных дорог

Величина уплотненного снежного дорожного покрытия, см	Технологические показатели снежной поверхности лесных дорог, г/см ³ , при температуре снега, 0С			
	минус 1	минус 5	минус 10	минус 15
5,0	0,55	0,53	0,51	0,48
10,0	0,52	0,48	0,46	0,45
15,0	0,49	0,46	0,44	0,43
20,0	0,47	0,44	0,40	0,42
25,0	0,46	0,42	0,38	0,41

В результате полученных данных по снежным поверхностям был сделан вывод, что для оценки основных физико-механических параметров зимних лесных дорог необходимо использовать иные показатели.

Наиболее совершенным методом оценки прочностных параметров дорожных покрытий в настоящее время следует признать динамические методы оценки характеристик дорожных покрытий [76, 88]. Речь идет об измерении модуля динамического прогиба дорожного покрытия динамическими плотномерами.

2.2 Разработка нейронечеткой сети оценки транспортно-эксплуатационных показателей уплотненного снежного дорожного покрытия зимних лесных дорог

Исследования, рассмотренные в первой главе приводят к выводу, что для выходного параметра модели оценки транспортно-эксплуатационных показателей зимних лесных дорог выбираем значение модуля динамического прогиба снежного покрытия.

В модели, в качестве обобщающей функции примем динамическую прочность уплотненного снежного дорожного покрытия $D_{\text{покрытия}}$, Мпа. Данная функция может быть представлена в виде:

$$D_{\text{покрытия}} = f(H_{\text{сн}}, T, P_{\text{сн}}), \quad (2.3)$$

где $H_{\text{сн}}$ – толщина уплотненного снежного покрытия, см;

T – температура окружающего воздуха, °С;

$P_{\text{сн}}$ – плотность снежного покрытия, г/см³

Структурная схема оценки транспортно-эксплуатационных показателей уплотненного снежного дорожного покрытия представлена на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1. Структурная схема оценки транспортно-эксплуатационных показателей уплотненного снежного дорожного покрытия

В результате измерения динамических прогибов снежных дорожных покрытий было выявлено, что эти значения изменяются в большом диапазоне. Выбрав в качестве критерия технологического контроля строительства зимних лесных дорог динамический модуль упругости уплотненного снежного дорожного покрытия пришлось столкнуться с тем, что задача по оценке транспортно-эксплуатационных показателей зимних лесных дорог является многопараметрической, характеризуется неопределенностью в данных. При этом все параметры являются взаимозависимыми.

В Приложении Б, таблица Б.1 представлена программа исследований транспортно-эксплуатационных показателей снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог. В результате анализа представленного плана было принято решение, учитывая неопределенность в данных использовать методы теории нечеткой логики и нечетких множеств.

При формулировании нечеткого вывода использовался метод Мамдани, описанный в литературе [100]. При решении нечетких моделей использовалась компьютерная система типа Matlab [98]. В нашем случае использовались приложения типа Fuzzy Logic Toolbox и типа FIS Editor.

Общая постановка задачи была реализована на основе полученных результатов опытно-экспериментальных исследований. В основе решения лежит качественное описание основных зависимостей выходной величины от входных воздействий.

В качестве входных параметров используем:

- толщину уплотненного снежного дорожного покрытия. Толщина выбиралась исходя из дорожно-климатической подзоны для лесосырьевых баз. В нашем случае диапазон составлял от 5,0 до 25,0 см;
- температуру окружающей среды. В нашем случае диапазон составлял от 0 до минус 15 до °С;
- плотность уплотненного снежного дорожного покрытия. В нашем случае диапазон составлял от 0,31 до 0,65 г/см³

В качестве выходного параметра примем динамическую прочность уплотненного снежного дорожного покрытия. Его будем оценивать модулем динамического прогиба снежного дорожного покрытия. В Приложении Г, таблица Г.4 представлены протоколы испытаний динамического модуля снежных поверхностей. В наших исследованиях наименьшее значение составило 12,8 МПа. Наибольшее значения модуля составило 199,2 МПа.

Лингвистические переменные описываются в виде термножества. Они могут принимать следующие значений:

D – модуль динамического прогиба = {Мин., Мал., Срд., Бол., Макс.};

H – толщина уплотненного снежного покрытия = {Мин., Мал., Срд., Бол., Макс.};

P – плотность снежного дорожного покрытия = {Мин., Мал., Срд., Бол., Макс.}.

Термножества могут быть представлены в виде треугольных подмножеств. Обычно используются S -образные или Z - образные функции. Их формализация выполнена в среде *Fuzzy Logic Toolbox* [94].

Для вывода обобщающей функции сформулированы нечеткие функции принадлежности.

База правил нечеткой продукции формировалась логическими выражениями следующего вида:

База правил нечеткой продукции:

Если $H = \text{Мин.}$, $P = \text{Мин.}$, то $D = \text{Мин.}$

Если $H = \text{Мин.}$, $P = \text{Мин.}$, то $D = \text{Мин.}$

Если $H = \text{Срд.}$, $P = \text{Мин.}$, то $D = \text{Мин.}$

Если $H = \text{Бол.}$, $P = \text{Мин.}$, то $D = \text{Срд.}$

Если $H = \text{Макс.}$, $P = \text{Мин.}$, то $D = \text{Бол.}$

Если $H = \text{Мин.}$, $P = \text{Мин.}$, то $D = \text{Мин}$

Если $H = \text{Мин.}$, $P = \text{Мин.}$, то $D = \text{Срд.}$

Если $H = \text{Срд.}$, $P = \text{Мин.}$, то $D = \text{Бол.}$

Если $H = \text{Бол.}$, $P = \text{Мин.}$, то $D = \text{Срд.}$

Если $H = \text{Макс.}$, $P = \text{Мин.}$, то $D = \text{Макс.}$

Если $H = \text{Мин.}$, $P = \text{Срд.}$, то $D = \text{Мин.}$

Если $H = \text{Мин.}$, $P = \text{Срд.}$, то $D = \text{Мин.}$

Если $H = \text{Срд.}$, $P = \text{Срд.}$, то $D = \text{Мин.}$

Если $H = \text{Бол.}$, $P = \text{Срд.}$, то $D = \text{Срд.}$

Если $H = \text{Макс.}$, $P = \text{Срд.}$, то $D = \text{Бол.}$

Если $H = \text{Мин.}$, $P = \text{Бол.}$, то $D = \text{Мин.}$

Если $H = \text{Мин.}$, $P = \text{Бол.}$, то $D = \text{Мин.}$

Если $H = \text{Срд.}$, $P = \text{Бол.}$, то $D = \text{Мин.}$

Если $H = \text{Бол.}$, $P = \text{Бол.}$, то $D = \text{Срд.}$

Если $H = \text{Макс.}$, $P = \text{Бол.}$, то $D = \text{Срд.}$

Если $H = \text{Мин.}$, $P = \text{Макс.}$, то $D = \text{Мин.}$

Если $H = \text{Мин.}$, $P = \text{Макс.}$, то $D = \text{Мин.}$

Если $H = \text{Срд.}$, $P = \text{Макс.}$, то $D = \text{Мин.}$

Если $H = \text{Бол.}$, $P = \text{Макс.}$, то $D = \text{Мин.}$

Если $H = \text{Макс.}$, $P = \text{Макс.}$, то $D = \text{Мин.}$

Представленная база правил рассмотрена в таблице 2.7. Реализация изображена на рисунке 2.3.

Адаптивная нейронечеткая сеть построена с использованием продукции MATLAB [98].

В Приложении Б, таблица Б.2. представлены параметры обучающих выборок нейросети для оценки транспортно-эксплуатационного состояния снежного покрытия зимних лесных дорог по модулю динамического прогиба снежной поверхности. А обоснование переменных нейросети строительства снежного покрытия на зимних лесных дорогах представлены в таблице 2.8.

Таблица 2.7. База правил нечеткого вывода моделирования величины модуля динамического прогиба снежного покрытия $D_{ij} = f(H_{ij}, P_{ij})$

Значения лингвистической переменной «Толщина снежного покрова, Н»	Значения выходных нечетких подмножеств «Модуль динамического прогиба, D» при изменении нечеткой функции «Плотность снежного покрытия, P»				
	Минимальное	Малое	Среднее	Большое	Максимальное
Минимальное	Минимальное	Малое	Минимальное	Минимальное	Минимальное
Малое	Малое	Среднее	Малое	Минимальное	Минимальное
Среднее	Среднее	Большое	Среднее	Малое	Минимальное
Большое	Среднее	Максимальное	Большое	Среднее	Малое
Максимальное	Большое	Максимальное	Большое	Среднее	Малое

Таблица 2.8. Параметры обучающих выборок нейросети строительства снежного покрытия на зимних лесных дорогах

№	Вид снежного покрытия	Толщина снежного покрытия, см	Плотность снежного покрытия, г/см ³	Температура, °С	Модуль динамического прогиба D, МПа
1	рыхлый	15	0,28	- 5	15,6
2	уплотненный	10	0,60	- 15	178,2
3	слежавшийся	25	0,32	0	14,5
4	уплотненный	5	0,65	- 15	199,2
Обоснование переменных					
5	По данным наблюдения	Наибольшие зарегистрированные значения наблюдаемого диапазона	Наибольшее и наименьшее зарегистрированное значение плотности	при полевых испытаниях	Диапазон значений, полученных при полевых испытаниях
6		от 5,0 до 25	от 0,3 до 0,65	от 0 до минус 15	от 12,8 до 199,2

На рисунке 2.2 представлена матрица с исходными данными.

На рисунке 2.3 представлена схема метода нечеткого вывода. После загрузки исходных данных и определения параметров лингвистических переменных для входных (рисунок 2.4) и выходной переменных, генерируется структура сети, представленная на рисунке 2.5. Из рисунка видно, что каждая входная переменная имеет по три термножеств. Сгенерированную нейроннечёткую сеть необходимо настроить по обучающимся выборкам. Этот процесс обычно называется «обучение сети».

Файл	Правка	Формат	Вид	C
5.0	5	0.01	37.3	
5.0	15	0.01	38.0	
10.0	5	0.02	21.1	
10.0	15	0.02	23.2	
15.0	5	0.10	13.2	
15.0	15	0.10	14.1	
25.0	5	0.21	3.4	
25.0	15	0.21	4.2	
5.0	5	0.26	16.9	
5.0	15	0.26	18.2	
10.0	5	0.27	14.6	
10.0	15	0.27	15.3	
15.0	5	0.28	8.7	
15.0	15	0.28	9.1	
25.0	5	0.26	6.6	
25.0	15	0.26	8.4	
15.0	0	0.32	12.8	
15.0	5	0.32	15.6	
8.4	15	0.32	21.3	
25.0	0	0.32	14.5	
25.0	5	0.32	12.3	
25.0	15	0.32	18.7	
5.0	0	0.65	189.2	
5.0	5	0.65	182.1	
5.0	15	0.65	199.2	
10.0	0	0.60	156.8	
10.0	5	0.60	168.9	
10.0	15	0.60	178.2	
15.0	0	0.55	123.5	
15.0	5	0.55	137.3	
15.0	15	0.55	141.8	
25.0	0	0.50	108.2	
25.0	5	0.50	110.2	
25.0	15	0.50	127.4	
5.0	0	0.76	168.6	
5.0	5	0.76	188.9	
5.0	15	0.76	202.5	
10.0	0	0.72	142.1	
10.0	5	0.72	156.7	
10.0	15	0.72	178.5	
15.0	0	0.73	112.5	
15.0	5	0.73	131.2	
15.0	15	0.73	128.9	

Рисунок 2.2. Матрица исходных данных

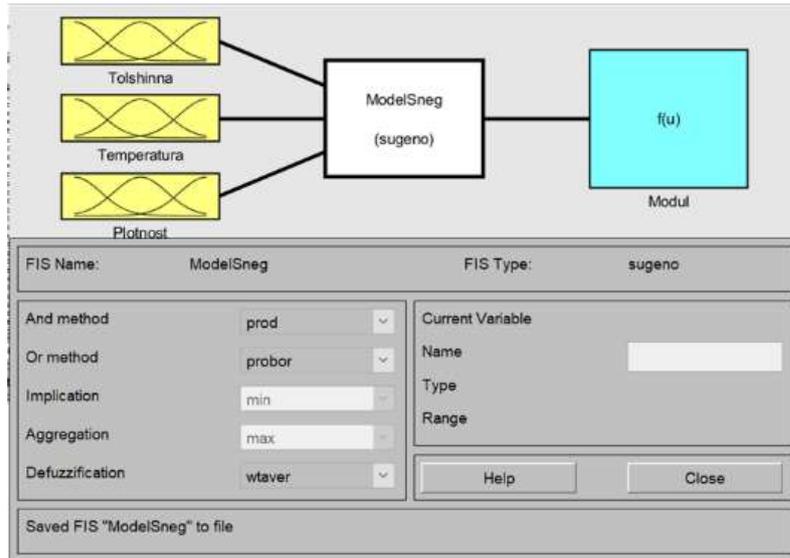


Рис. 2.3. Схема нечеткого вывода

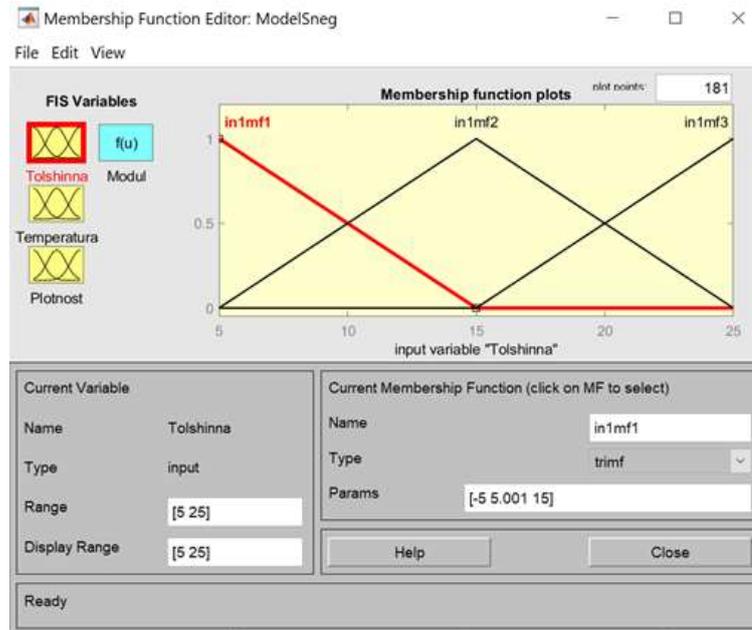


Рисунок 2.4. Задание входных переменных нечеткими функциями

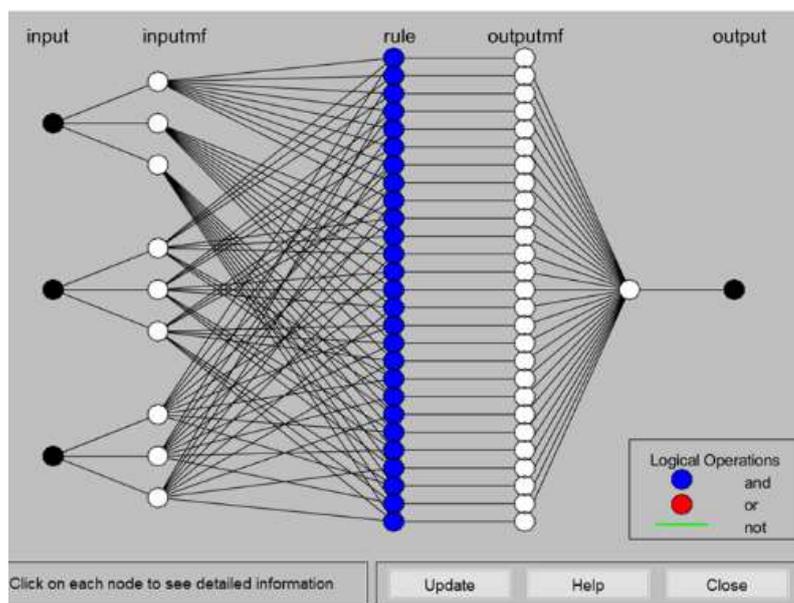


Рисунок 2.5. Генерация структуры нейронечеткой сети

Как было показано выше обучающие выборки нейросети приведены в Приложении Б, таблица Б.2. В нашем случае, оценка транспортно-эксплуатационных показателей уплотненных снежных покрытий проводится по модулю динамического прогиба в соответствии с выражением 2.3.

На рисунке 2.6 представлен процесс обучения нейронечеткой сети. Все параметры процесса настройки представлены в рабочей области интерфейса.

Контроль точности настройки сети представлен на рисунке 2.7. Точность результаты расчетов не более 3,22 %.

Адекватность расчетов оценивалась с помощью тестовых примеров. Пример настройки представлен на рисунке 2.8.

Результаты оценки транспортно-эксплуатационных показателей уплотненного снежного покрытия зимних лесных дорог представлены на рисунках 2.9, 2.10 и 2.11.

Анализ результатов модели показал, что расчеты вполне адекватны реальному объекту.

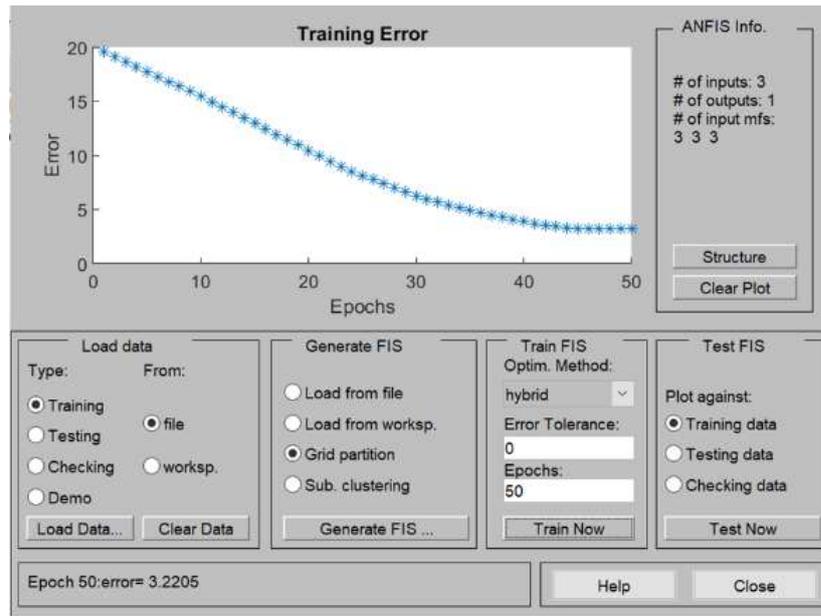


Рисунок 2.6. Обучение нейронной сети

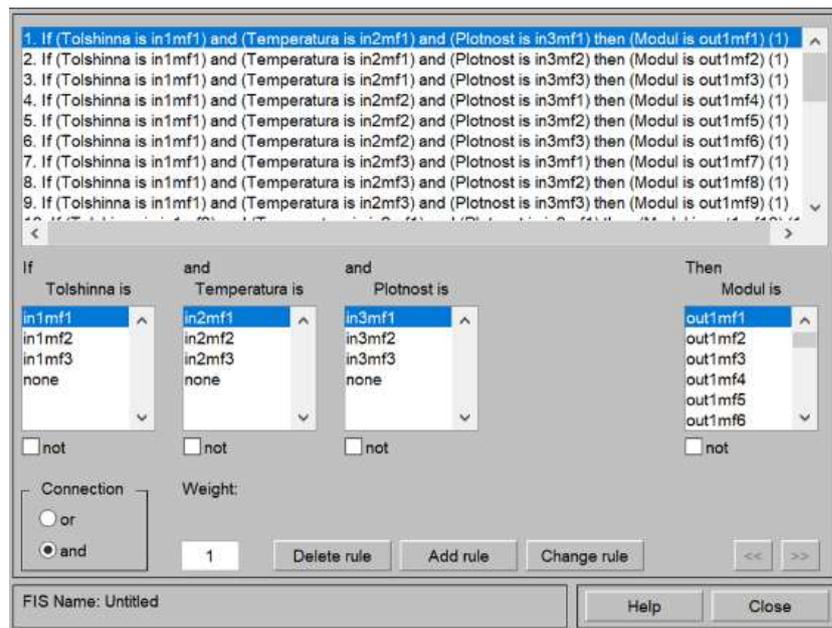


Рисунок 2.7. Контроль точности обучения сети

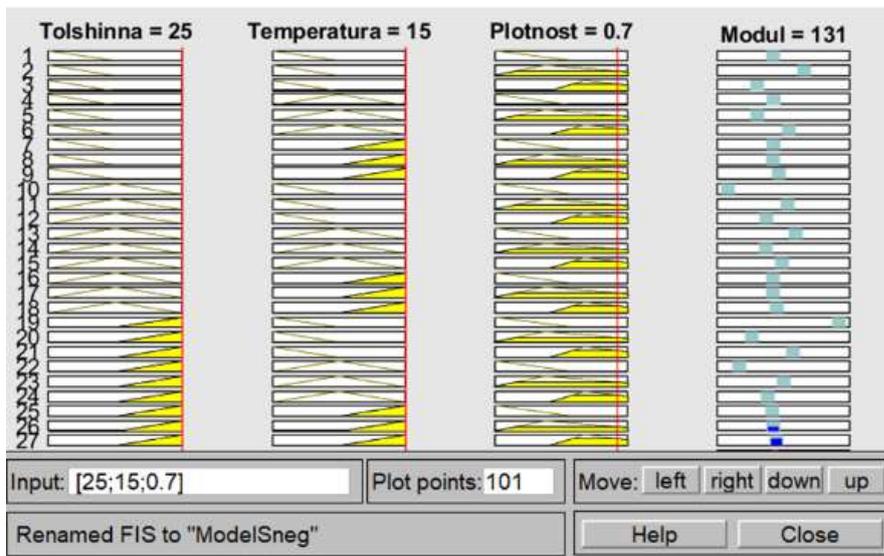


Рисунок 2.8. Интерфейс работы с нейросетью

В процессе анализа поведения обобщающей функции были определены критические точки.

Зависимость модуля динамического прогиба снежного покрытия была получена при толщине покрытия в 15 см. Данные получены при температуре минус 10 °С :

$$D_{\text{покрытия}} = -5807 \cdot P_{\text{сн}}^3 + 9834 \cdot P_{\text{сн}}^2 - 5077 \cdot P_{\text{сн}} + 886,9 \quad (2.4)$$

Изменение модуля динамического прогиба снежного покрытия представлены на рисунке 2.9.

Зависимость модуля динамического прогиба снежного покрытия при толщине покрытия в 20 см, при его плотности в 0,50 г/см³ :

$$D_{\text{покрытия}} = 1,135 \cdot T^2 + 21,1 \cdot T + 225,7 \quad (2.5)$$

Изменение модуля динамического прогиба снежного покрытия представлены на рисунке 2.10.

Зависимость модуля динамического прогиба снежного покрытия при его плотности в 0,50 г/см³ и температуре окружающего воздуха при минус 5 °С:

$$D_{\text{покрытия}} = -4,645 H_{\text{сн}} + 197,6 \quad (2.6)$$

Изменение модуля динамического прогиба снежного покрытия представлены на рисунке 2.11.

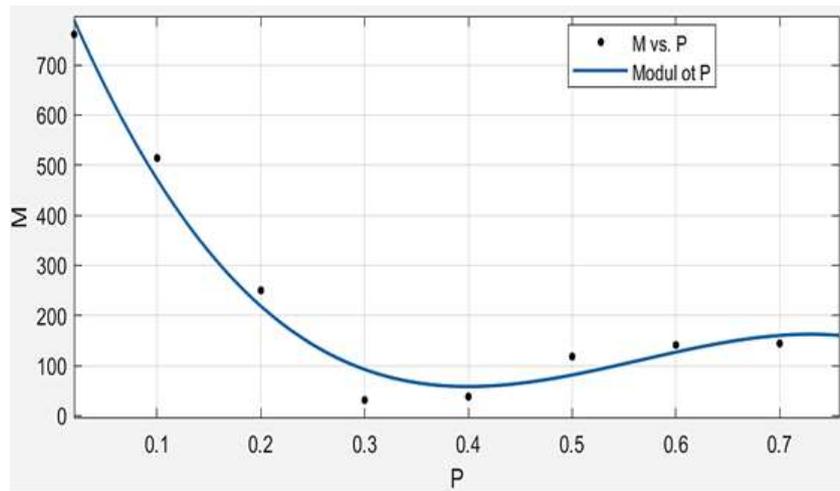


Рисунок 2.9. Изменение модуля динамического прогиба снежного покрытия толщиной в 15 см и при температуре воздуха минус 10°C

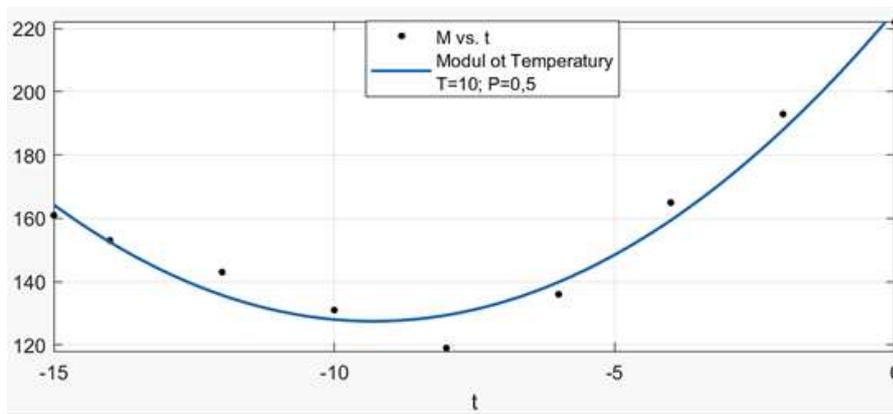


Рисунок 2.10. Изменение модуля динамического прогиба снежного покрытия толщиной в 20 см и плотностью $0,50 \text{ г/см}^3$

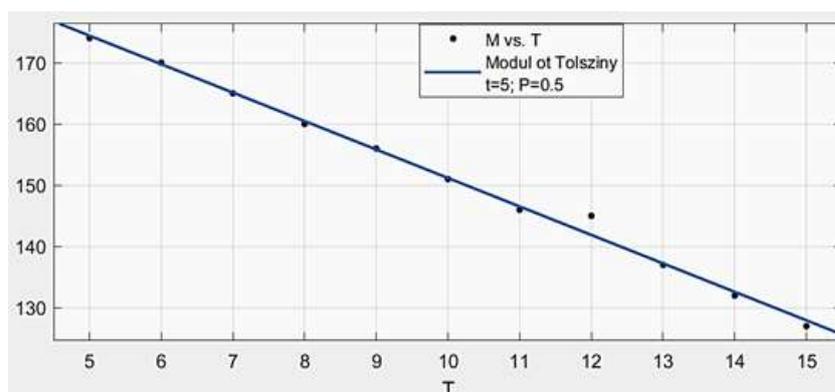


Рисунок 2.11. Изменение модуля динамического прогиба снежного покрытия плотностью $0,50 \text{ г/см}^3$ при температуре $-5 \text{ }^\circ\text{C}$

Выводы по второй главе

1. Разработанная методика и математическая модель оценки транспортно-эксплуатационного показателя зимних лесных дорог по модулю динамического прогиба уплотненного снежного покрытия с учетом условий неопределенности при его строительстве.

2. Получены значения наибольшей величины уплотненного снежного дорожного покрытия по различным подзонам лесосырьевых баз.

3. Получены зависимости деформаций уплотненных снежных покрытий и регрессионные модели оценки их транспортно-эксплуатационного показателя по модулю динамического прогиба.

4. Установлено, что модуль динамического прогиба снежного покрытия зависит от его толщины и плотности снега, а также температуры воздуха.

5. Установлено, что наименьшее значение модуля динамического прогиба, при которых начинают изменяться основные транспортно-эксплуатационные показатели зимних дорог, находится в интервале от 80 до 90 МПа, при температуре $-5 \text{ }^\circ\text{C}$ и толщине слоя снега не менее 9 см.

6. Установлено, что наибольшее значение модуля динамического прогиба, при котором начинают изменяться основные транспортно-эксплуатационные

показатели зимних дорог, находится в интервале от 180 до 190 МПа и выше, при температуре 0 °С и толщине слоя снега не более 25 см.

ГЛАВА 3. ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СНЕЖНЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ ЗИМНИХ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

3.1 Разработка методики проведения опытно – экспериментальных исследований уплотненного снежного дорожного покрытия зимних лесных дорог

Лесные зимние дороги, расположенные на территориях лесосырьевых баз территорий Северного и Приполярного Урала, чаще всего имеют необеспеченные транспортно-эксплуатационные показатели.

Поэтому, с целью разработки технологических решений для оценки транспортно-эксплуатационных показателей при строительстве и уплотненного снежного дорожного покрытия зимних лесных дорог необходимо провести комплекс опытно-экспериментальных исследований, как по оценке физико-механических показателей снежного покрытия, так и технологическом контроле.

Для дорожного покрытия зимней лесной дороги используется уплотненный снежный покров, который служит конструктивным слоем дорожной одежды.

Трудности, связанные с изменением параметров снежного покрытия при строительстве, а также неопределенности физико-механических свойств снега привели к тому, что при оценке взаимодействия рабочих органов дорожно-строительных машин со снегом необходимо иметь набор опытно-экспериментальных показателей [1].

Целью обследования в производственных условиях построенных снежных покрытий лесных дорог из уплотненного снежного покрова, является инструментальное измерение плотности и динамических показателей.

Программа опытно-экспериментальных исследований включала в себя различные виды измерений. Была проведена оценка толщины уплотненного снежного дорожного покрытия, плотности снежного дорожного покрытия, температуры окружающего воздуха, температуры снега, модуля динамического

прогиба уплотненной снежной поверхности. Измерения модуля проводилось на приборе ZFG-3000-10 GPS [76].

Основные транспортно-эксплуатационные показатели уплотненных снежных покрытий были получены в процессе опытного строительства зимних лесных дорог, расположенных на территории Кыштымского лесхоза на участке ПК28+20 – ПК380+05, участок (55°36'55.5"N 60°31'57.3"E) в ноябре 2022 г.– апреле 2023 г., и Карпинского ЛПК филиал ООО «Ураллеспром» в феврале 2023 г. - марте 2023 г.

Общая программа испытаний транспортно-эксплуатационных показателей уплотненных снежных покрытий зимних лесных дорог представлена в Приложении Б, таблица Б.1. Методика определения минимально необходимого числа опытов по оценки транспортно-эксплуатационного состояния снежного покрытия зимних лесных дорог по модулю динамического прогиба снежной поверхности представлена в Приложении В, методика В.1.

Правила проведения испытаний и работа с прибором ZFG-3000-10 GPS представлены в приложении В, методика В.2.

В Приложении Г, рисунок Г.1 представлены рабочие моменты, по оценке физико-механических характеристик уплотненных снежных покрытий. Плотность снега определялся методом режущего кольца (Приложение Г, рисунок Г.4, *з*), динамический прогиб определялся динамическим прогибомером ZFG (Приложение Г, рисунки Г.1, *а*, *б*, *в*).

Было выявлено, что некоторые дорожные снежные поверхности с одинаковыми показателями по модулю динамического прогиба, но отличающимися физико-механическими характеристиками.

С целью преодоления этих противоречий был проведен анализ динамических прогибов снежных поверхностей в зависимости от времени приложения внешней нагрузки. На рисунках 3.1 – 3.4 представлены графические зависимости деформаций различных видов снежных поверхностей при их измерений прибором ZFG-3000-10 GPS.

Ведомости испытаний приведены в Приложении Г, таблицы Г.1 - Г.4. Измерения проводились согласно методики, представленной в [76].

В Приложение Д, таблица Д.2 приведен протокол испытания динамического прогиба снежного покрытия.

Динамический плотномером ZFG-3000-10 GPS имеет встроенную функцию построения графических зависимостей динамических прогибов в функции времени. Анализ графиков динамических прогибов снежных покрытий показал, что на величину прогибов оказывает влияние плотность снега и температура воздуха.

На рисунках 3.1 и 3.2 представлены графические зависимости динамических прогибов снежных поверхностей с незначительной плотностью, например снег рыхлый, снег обвалованный. Для данного снега характерны значительные деформации и медленное затухание колебаний деформатора. Для снега с высокой плотностью характерны незначительные деформации и быстрое изменение значений их значений. Данный процесс представлен на рисунке 3.3. Это характерно для уплотненный снежных покрытий. С возрастанием прочности снежных покрытий на динамические характеристики начинает оказывать температура воздуха. Было выявлено, что при температуре около нуля градусов скорость динамического прогиба значительно замедляется. На рисунке 3.4. представлены графики динамических прогибов снежных поверхностей в период снеготаяния.

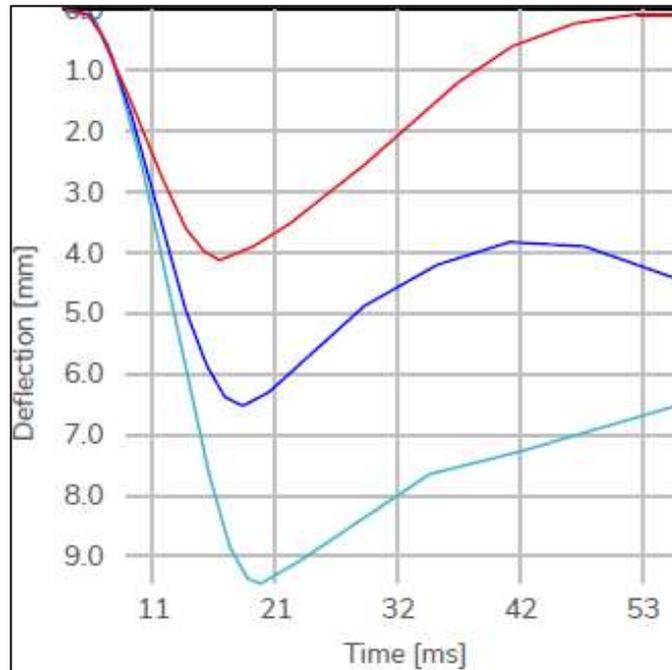


Рисунок 3.1. Деформации снежных поверхностей. Снег свежий, плотностью $0,20 \text{ г/см}^3$, температура воздуха $-5 \text{ }^\circ\text{C}$.

линия зеленая – первый динамический прогиб; линия синяя – второй динамический прогиб; линия красная – третий динамический прогиб

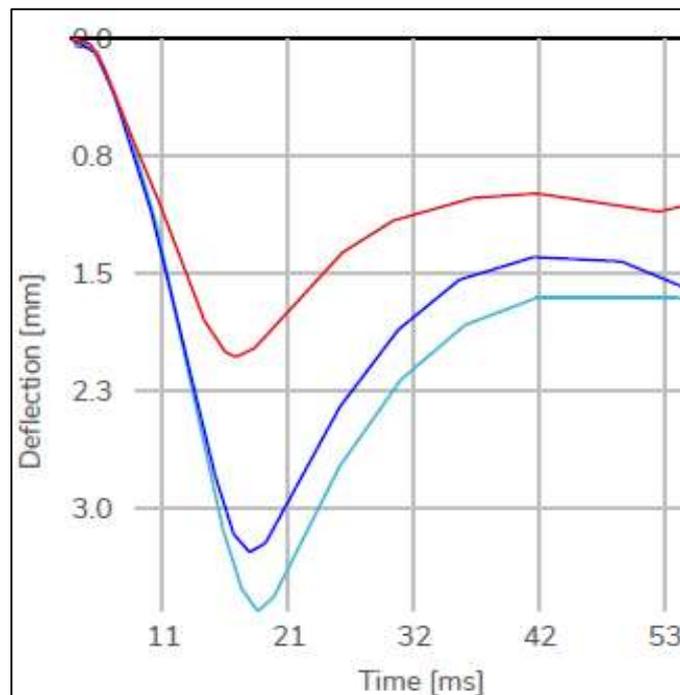


Рисунок 3.2. Деформации снежных поверхностей. Снег рыхлый, обвалованный, плотностью $0,28 \text{ г/см}^3$, температура воздуха $-15 \text{ }^\circ\text{C}$;

линия зеленая – первый динамический прогиб; линия синяя – второй динамический прогиб; линия красная – третий динамический прогиб

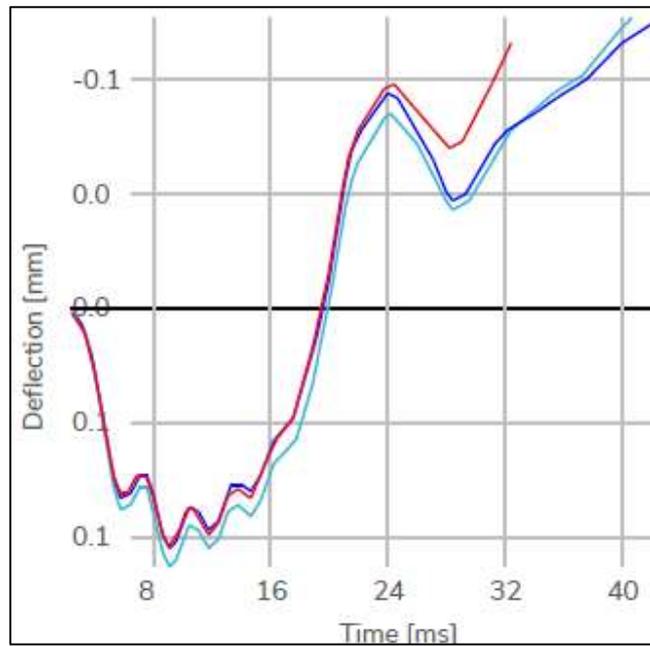


Рисунок 3.3: Деформации снежных поверхностей. Уплотненный снежный покров, плотностью $0,60 \text{ г/см}^3$, температура воздуха $-15 \text{ }^\circ\text{C}$. линия зеленая – первый динамический прогиб; линия синяя – второй динамический прогиб; линия красная -третий динамический прогиб

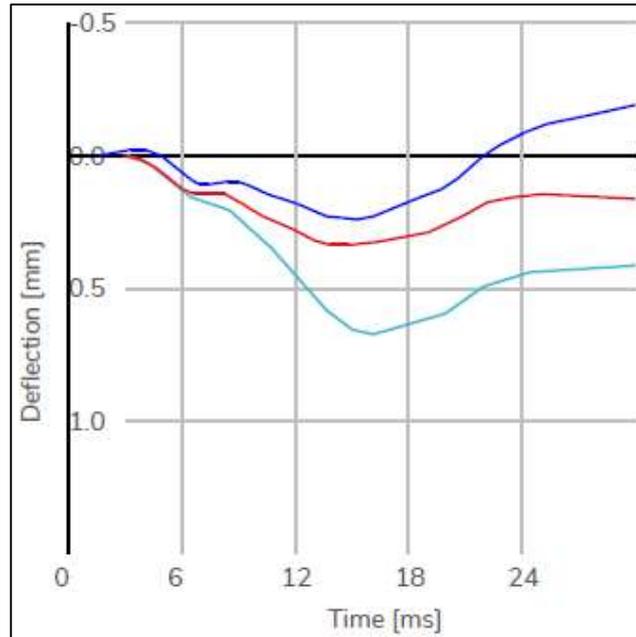


Рисунок 3.4. Деформации снежных поверхностей. Снег талый слежавшийся плотностью $0,55 \text{ г/см}^3$, температура воздуха – $0 \text{ }^\circ\text{C}$;
 линия зеленая – первый динамический прогиб; линия синяя – второй динамический прогиб; линия красная – третий динамический прогиб

Было выявлено, что чем ниже плотность снежной поверхности и выше температура, тем больше становится динамический прогиб покрытия и скорость нарастания деформаций.

Например, на снежной поверхности незначительной плотности происходят многократные деформации. На плотных снежных поверхностях динамические деформации имеют незначительные величины и отличается быстрыми изменениями амплитуд их значений. В наших исследованиях было зафиксирована существенная зависимость влияние температуры воздуха на модуль динамического прогиба снежной поверхности.

Анализ результатов измерения динамических деформаций снежных поверхностей показывает, что они изменяются в довольно широком диапазоне. Выбрав в качестве критерия технологического контроля строительства зимних лесных дорог модуль динамического прогиба уплотненного снежного покрытия пришлось столкнуться с тем, что проблема оценки прочности снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог является многопараметрической. На нее оказывают

различные физико-механические свойства снега, расположенного на дорожном покрытии и климатические факторы. Технологический контроль должен обеспечить требуемые транспортно-эксплуатационные показатели. Было выяснено, что при строительстве снежных дорожных покрытий следует контролировать толщину уплотненного снежного дорожного покрытия, плотность слоя уплотненного снежного покрытия, размер колеи на уплотненном снежном покрытии, ровность уплотненного снежного дорожного покрытия, коэффициент сцепления шин с дорожной снежной поверхностью, интенсивность движения и скорость лесовозных автомобилей.

Анализ технологического контроля строительства снежного уплотненного дорожного покрытия показывает, что модуль динамического прогиба варьируются в довольно широком интервале. На него оказывает существенное влияние как природно-климатические факторы, так и технологии их строительства.

В таблице 3.1 представлены значения фактических и расчетных значений модулей динамического прогиба снежных поверхностей. В Приложении Г, таблицы Г.6, Г.7, и Г.8 представлены ведомости испытаний снежного покрытия электронным динамическим плотномером ZFG-3000-10 GPS для разных участков зимней дороги.

Таблица 3.1 – Значения модуля динамического прогиба снежных поверхностей Уральского региона

Тип снежного покрытия	Фактический расчетный модуль динамического прогиба D, МПа	Среднеквадратичное отклонение, σ , МПа	Коэффициент вариации, K_v , %	Граница доверительного интервала, $\pm \mu \sigma$
1. Рыхлый, обвалованный, толщиной до 15 см	21,3	0,6	5,7	0,0008
2. Уплотненный, слежавшийся, толщиной до 25 см	137,3	0,4	5,3	0,0013
3. Снежно-ледяные отложения, толщиной до 15 см	178,5	0,3	5,1	0,0011

При проведении опытно-экспериментальных исследований следует руководствоваться правилами и методами оценки динамических прогибов дорожных конструкций. Подготовка прибора ZFG-3000-10 GPS к работе представлена в Приложении В.2:

Модуль динамического прогиба уплотненного снежного дорожного покрытия будет зависеть от вида используемого для строительства снега, технологии его уплотнения, температуры окружающего воздуха, времени измерения после окончания уплотнения.

Фактический модуль динамического прогиба снежного покрытия лесной дороги можно оценить при помощи выражения:

$$\bar{E}_{vd,j} = \frac{\sum_{i=1}^k E_{vd,j,i}}{m_j}, \quad (3.1)$$

где $\bar{E}_{vd,j}$ – модуль динамического прогиба в i – сечении дорожного покрытия в j – момент времени, МПа;

m_j – количество измерений в j – момент времени.

В процессе обработки результатов испытаний снежных дорожных покрытий лесных дорог необходимо применять методы статистических испытаний.

В процессе испытаний, в случае, когда результаты испытания начинают отличаться друг от друга в 2 раза и более, следует проводить отбраковку результатов. В процессе обработки результатов испытаний были использованы таблицы распределения Стьюдента [14, 22].

В начальный период, с целью проведения выборочных сравнительных испытаний, необходимо чтобы полученные значения имели диапазон:

$$\tau_{(5\%n)} \leq \tau \leq \tau_{(0,1\%n)} \quad (3.2)$$

В процессе отбраковки все результаты измерений были подразделены на три группы:

$$\begin{aligned} \tau_{(5\%n)} < \tau; & \\ \tau_{(5\%n)} \leq \tau \leq \tau_{(0,1\%n)}; & \end{aligned} \quad (3.3)$$

$$\tau > \tau_{(0,1\%n)}$$

При этом, все полученные измерения, попавшие в начальную группу отбраковке, не будут являться значимыми.

Все измерения, попавшие во вторую группу, так же можно не учитывать. Но при условии, что имеются иные подходы или соображения. При этом, все значения, попавшие в третью группу, в любом случае подлежат отбраковке.

Для повышения надежности полученных данных будем оценивать расчетный фактический модуль динамического прогиба $E_{vd,p}$ снежного покрытия по формуле:

$$E_{vd,p} = \bar{E}_{vd,j} (1 - tv_e), \quad (3.4)$$

где $\bar{E}_{vd,j}$ – средний фактический модуль динамического прогиба уплотненного снежного покрытия;

t – нормированное отклонение, которое имеет зависимость от заданного уровня надежности и количества измерений;

v_e – коэффициент вариации очищенного массива значений модуля динамического прогиба.

Коэффициент вариации модуля динамического прогиба определяем по выражению:

$$v_e = \frac{1}{\bar{E}_{vd,j}} \cdot \frac{\sum_{j=1}^m (E_{vd,p} - \bar{E}_{vd,j})^2}{m-1}, \quad (3.5)$$

Программа изучения физико-механических свойств снежного покрытия принята с доверительной вероятностью (надежность) $P=0,95$, доверительный интервал (погрешность) $\varepsilon=0,1$.

Методика определения минимально необходимого числа опытов по оценки транспортно-эксплуатационных показателей уплотнённых снежных покрытий зимних лесных дорог приведена в Приложении В.1.

3.2 Планирование эксперимента по оценке транспортно-эксплуатационных показателей при строительстве уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог

Особенности, связанные с разработкой новых технологий для строительства зимних лесных дорог, расположенных в особо сложных природно-климатических условиях, привели к тому, что для оценивания физико-механических свойств снежного покрова нужно иметь набор опытно-экспериментальных показателей. В общем виде программа исследований транспортно-эксплуатационных показателей снежных покрытий зимних лесных дорог представлена в Приложении Б, таблица Б.1.

Для оценки степени влияния на транспортно-эксплуатационные показатели уплотненных снежных дорожных покрытий физико-механические свойства снега и технологий строительства зимних лесных дорог был использован униформ-ротатабельный план 2-го порядка. При планировании эксперимента по униформ-ротатабельному плану Бокса – Хантера для трех независимых переменных использовалась литература [1, 4, 23].

1. Средние значения по строчкам управляемых параметров:

$$\bar{y} = \frac{1}{\gamma} y_{ul}, \quad (3.6)$$

где γ – число повторений опыта.

2. Значения дисперсий по строчкам:

$$S_u^2 = \frac{1}{\gamma - 1} \sum_{l=1}^{\gamma} (y_{ul} - \bar{y}_u)^2, \quad (3.7)$$

3. Однородность дисперсии опытов проверялась с использованием критерия Кохрена:

$$G_{расч.} = \frac{S_{max}^2}{\sum_{i=1}^N S_i^2}, \quad (3.8)$$

где S_{max}^2 – максимальная дисперсия в опытах,

S_i^2 – дисперсия i -го опыта,

N – число опытов в плане ($N=14$).

При условии, что $G_{расч.} \leq G_{табл.}$ гипотеза об однородности дисперсии опытов принимается:

$$S^2\{y\} = \frac{\sum_{i=1}^N S_i^2}{N}, \quad (3.9)$$

При планировании экспериментов по трехфакторному плану Бокса-Хантера определялись:

а) коэффициенты регрессионной модели:

$$b_0 = 0,16634 \sum_{u=1}^{20} y_u - 0,05679 \sum_{i=1}^3 \sum_{u=1}^{14} x_{iu}^2 y_u, \quad (3.10)$$

$$b_i = 0,07322 \sum_{u=1}^{14} x_i y_u, \quad (3.11)$$

$$b_{ii} = 0,625 \sum_{u=1}^{14} x_{iu}^2 y_u + \sum_{i=1}^3 \sum_{u=1}^{14} x_{iu}^2 y_u - 0,05679 \sum_{u=1}^{20} y_u, \quad (3.12)$$

$$b_{ij} = 0,125 \sum_{u=1}^8 x_{iu} x_{ju} y_u. \quad (3.13)$$

б) функция отклика (регрессионная модель) имеет вид:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_3^2 + \dots \\ \dots + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3. \quad (3.14)$$

в) оценка дисперсии коэффициентов регрессионной модели:

$$S^2\{b_0\} = 0,16635 \cdot S^2\{y\}, \quad (3.15)$$

$$S^2\{b_i\} = 0,0733 \cdot S^2\{y\}, \quad (3.16)$$

$$S^2\{b_{ii}\} = 0,0597 \cdot S^2\{y\}, \quad (3.17)$$

$$S^2\{b_{ij}\} = 0,125 \cdot S^2\{y\}, \quad (3.18)$$

г) статистическая значимость коэффициентов регрессионной модели:

$$|b_i| \geq t_{табл.} \cdot S^2\{b_i\}, \quad (3.19)$$

где $S^2\{b_i\}$ – дисперсия i -го коэффициента регрессионной модели;

$t_{табл.}$ – табличное значение t -критерия Стьюдента при уровне значимости $q = 0,05$ и числе степеней свободы $f_1 = N(n-1)$;

n – количество повторений опыта.

Коэффициенты, удовлетворяющие условию (3.19), считаются равными нулю, т.е. отбрасываются из уравнения регрессии.

д) проверка адекватности регрессионной модели:

$$S_{ад.}^2 = \frac{S_{ад.}}{f_{ад.}} = \frac{\sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - \hat{y}_i)}{(N-k)}, \quad (3.20)$$

где \bar{y}_i – значение управляемой величины в i -ом опыте;

\hat{y}_i – среднее значение управляемой величины в i -ом опыте рассчитанное по регрессионной модели;

k – число коэффициентов в регрессионной модели.

$$F_{расч.} = \frac{S_{ад.}^2}{S^2\{y\}}, \quad (3.21)$$

Рассчитанное значение $F_{расч.}$ сравнивается с табличным значениям критерия Фишера $F_{табл.}$ для $f_1 = N - k$ и $f_2 = N \cdot (n - 1)$ и уровня значимости $q = 0,05$. Гипотеза об адекватности регрессионной модели принимается если $F_{расч.} \leq F_{табл.}$.

е) оценка эффективности регрессионной модели:

$$\bar{\bar{y}} = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N \bar{y}_u, \quad (3.22)$$

критерий эффективности регрессионной модели:

$$F_{эф} = \frac{\sum_{u=1}^N (\bar{y}_u - \bar{\bar{y}})^2}{(N-1) \cdot S_{ад.}^2}, \quad (3.23)$$

Регрессионная модель статистически эффективна, если $F_{эф} \geq F_a(f_3; f_2)$, при $f_3 = N - 1$, $f_2 = N - k$ и $q = 0,05$.

Переход от натуральных обозначений управляющих факторов к нормализованным производим по выражению [23]:

$$x_i = \frac{X_i - X_i^{(0)}}{\Delta_i}, \quad (3.24)$$

где x_i – нормализованное обозначение i -го управляющего фактора;

X_i – натуральное обозначение i -го управляющего фактора;

$X_i^{(0)}$ – натуральное обозначение i -го управляющего фактора на основном уровне;

Δ_i – шаг варьирования i -го управляющего фактора.

Анализ адекватности разработанных математических моделей показал, что полученное математическое описание объекта, в виде уравнения регрессии второго порядка с достаточной точностью описывают объект в центре плана опыта и с незначительной погрешностью на крайних границах факторов.

Учитывая сложность и неопределенность в условиях эксплуатации лесовозных дорог было принято решение о выборе диапазона поисковых исследований.

Как показано в главе 1.4 в качестве основного показателя, оценивающего физико-механические свойства снежных покрытий зимних лесных дорог целесообразно принять модуль динамического прогиба снежного дорожного покрытия, МПа (см. Приложение Г, таблица Г.3).

При изучении технологических свойств снега было выявлено, что на физико-механические показатели лесных дорог наибольшее влияние будет оказывать толщина снежного покрова, плотность снежного покрова и температура воздуха.

Для оценки влияния толщины снежного покрова необходимо выбрать диапазон его изменения. За нижнюю границу диапазона варьирования принимаем минимально возможное наличие снега на дорожном покрытии, а за верхнюю –

наибольшее значение, зафиксированное на лесной дороге. Для удобства проведения эксперимента диапазон варьирования можно выразить в процентах от их величин.

Общий план эксперимента приведен в таблице Г.5, Приложения Г. Эксперимент проводился по трехфакторному плану Бокса-Хантера. Общее количество экспериментов было выбрано в двадцать опытов. Как показано в [23] представленный план имеет приемлемые статистические показатели. В таблицах 3.2–3.6 приведены значения управляемых и управляющих факторов, а так же диапазоны их изменений. Все диапазоны управляющих факторов оценивались по результатам опытно-экспериментальных исследований модуля динамического прогиба снежного покрытия.

Примем следующие значения величины снежного покрытия. Содержание 0 % соответствует наименьшему значению толщины снега на покрытии, а содержание 100 % соответствует наибольшему зафиксированному значению для II подзоны. В таблице 3.4 приведен диапазон варьирования величины толщины снежного покрова и их нормализованные значения.

В соответствии с полученными результатами, нами было принято за нижнюю границу диапазона минимально возможная величина снега на покрытии равная 5 см, а за верхнюю максимально допустимое – 25 см. В таблице 3.2 приведены эти диапазоны.

Таблица 3.2 – Фактор X_1 . Диапазон варьирования толщины снежного покрытия на лесной дороге

Диапазон изменения фактора, %	0	20,27	50	79,73	100
Толщина снежного покрытия, см	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
Нормализованное значение фактора (нормированное значение)	-1,682	-1	0	+1	+1,682

Влияние плотности снежного покрытия рассмотрено в главе 1.4 и ее влияние на физико-механические свойства зимних лесных дорог не однозначно.

В таблице 3.3. приведены значения плотности снежного покрова.

Таблица 3.3 – Фактор X_2 . Диапазон варьирования плотности снежного покрытия

Диапазон изменения фактора, %	0	20,27	50	79,73	100
Плотность снежного покрытия, г/см ³	0,20	0,35	0,50	0,65	0,8
Нормализованное значение фактора (нормированное значение)	-1,682	-1	0	+1	+1,682

Как было показано в главе 1.3, не маловажное значение на технологический фактор оказывает и температура снега. Известно, что с уменьшением температуры жесткость снега становится больше, а при положительных температурах, наоборот [81].

В таблице 3.4 приведен диапазон варьирования температуры воздуха при испытаниях.

В таблице 3.5 представлены диапазоны изменения управляющих факторов и их наименования. В таблице 3.6 представлены диапазоны изменения выходного параметра.

Таблица 3.4 – Фактор X_3 . Диапазон варьирования температуры воздуха

Диапазон изменения фактора, %	0	20,27	50	79,73	100
Температура воздуха, °С	0	-5	-10	-15	-20
Нормализованное значение фактора (нормированное значение)	-1,682	-1	0	+1	+1,682

Таблица 3.5 – Диапазоны изменения управляющих факторов

Наименование фактора	Нормализованное обозначение	Натуральное обозначение	Значения на уровнях варьирования				
			звездная точка	нижний	основной	верхний	звездная точка
			-1,682	-1	0	+1	+1,682
Толщина снежного покрытия, см	x1	H _{сн}	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
Плотность снежного покрытия, г/см ³	x2	П _{сн}	0,20	0,35	0,5	0,65	0,76
Температура воздуха, °С	x3	T _в	0	-5	-10	-15	-20

Таблица 3.6 – Наименование выходного параметра

Наименование параметра	Обозначение	Нормализованное обозначение
Модуль динамического прогиба снежного покрытия, МПа	D	y

3.3. Результаты экспериментальных исследований транспортно-эксплуатационных показателей снежных дорожных покрытий лесных дорог

Статистическая обработка полученных результатов, при оценке экспериментальных исследований осуществлялись средствами *Microsoft Excel 2010*.

Зависимости выходного параметра от управляющих факторов представлены уравнениями регрессии второго порядка. Полученный полином представляет собой регрессионную модель отражающую связь зависимости модуля динамического прогиба снежного покрытия (в МПа) от плотности снежного покрытия при фиксированном значении толщины покрытия и температуры. Разработанная

модель была применена для оптимизации технологического контроля качества уплотненных снежных покрытий при их строительстве.

Результатов опытов по плану Бокса – Хантера для трех независимых переменных параметров и одного управляемого параметра у представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Результаты опытов оценки модуля динамического прогиба снежного покрытия по трехфакторному плану Бокса – Хантера

№ п/п	Нормализованные обозначения управляющих факторов			Среднее значение выходного параметра у
	x1	x2	x3	
1	-1	-1	-1	11,77
2	1	-1	1	16,50
3	-1	1	1	178,83
4	1	1	1	138,50
5	-1	-1	-1	16,80
6	1	-1	-1	12,40
7	-1	1	-1	176,30
8	1	1	-1	139,49
9	-1,682	0	0	164,59
10	1,682	0	0	116,40
11	0	-1,682	0	4,74
12	0	1,682	0	129,44
13	0	0	-1,682	105,32
14	0	0	1,682	127,45
15	0	0	0	136,44
16	0	0	0	136,43
17	0	0	0	136,41
18	0	0	0	136,43
19	0	0	0	136,41
20	0	0	0	136,42

При построении регрессионной модели оценки транспортно-эксплуатационного показателя зимних лесных дорог по модулю динамического прогиба уплотненного снежного покрытия использовалась методика, рассмотренная в главе 3. Построение регрессионной модели осуществлялась в виде выходной функции y .

В таблице Г.5 Приложения Г представлены результаты опытов. В нормализованных обозначениях уравнение регрессии :

$$\hat{y} = 137,069 - 11,560 x_1 + 57,506 x_2 - 2,681x_3 - 2,748x_1^2 - 28,707x_2^2 - 11,274x_3^2 - 9,685x_1x_2 - 0,702x_1x_3 - 0,310x_2x_3. \quad (3.25)$$

В натуральных обозначениях уравнение регрессии :

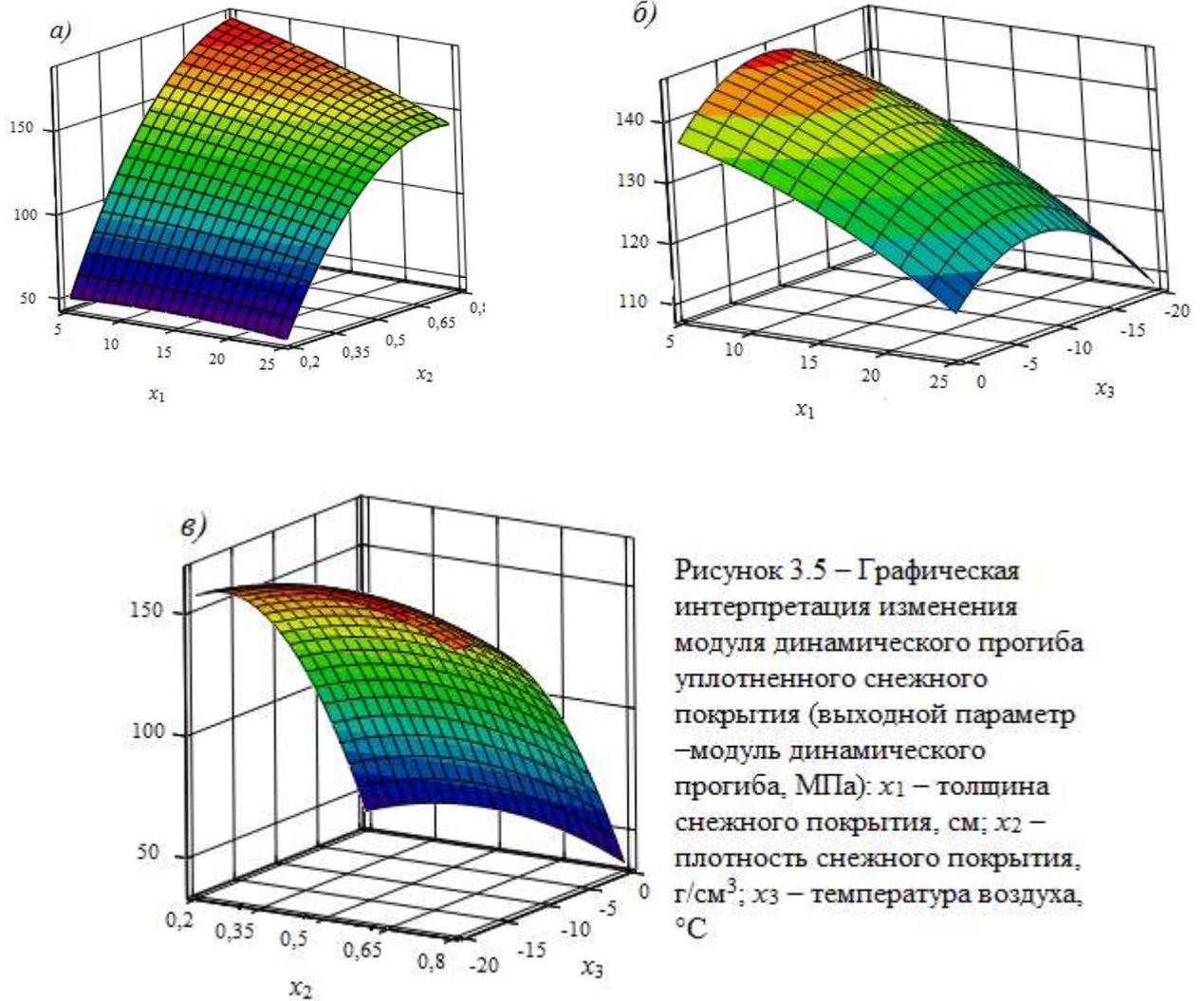
$$D = -181,135 + 7,735N_{\text{CH}} + 1852,412 П_{\text{CH}} - 8,927T_{\text{CH}} - 0,11N_{\text{CH}}^2 - 1277,17П_{\text{CH}}^2 - 0,45T_{\text{CH}}^2 - 12,92N_{\text{CH}}П_{\text{CH}} - 0,028N_{\text{CH}}T_{\text{CH}} - 4,96П_{\text{CH}}T_{\text{CH}}, \quad (3.26)$$

где N_{CH} – толщина снежного покрытия, см;

T – температура воздуха при испытаниях, °С;

$П_{\text{CH}}$ – плотность снежного покрытия, г/см³

Графические зависимости изменения управляемого параметра от управляющих факторов, представлены на рисунке 3.5.



3.4. Обоснование оптимальной величины модуля динамического прогиба уплотненного снежного покрытия

Оптимальная величина модуля динамического прогиба уплотненного снежного покрытия:

а) целевая функция:

$$\hat{W} = 137,069 - 11,560 x_1 + 57,506 x_2 - 2,681 x_3 - 2,748 x_1^2 - 28,707 x_2^2 - 11,274 x_3^2 - 9,685 x_1 x_2 - 0,702 x_1 x_3 - 0,310 x_2 x_3 \rightarrow \min \quad (3.27)$$

б) система ограничений:

$$-1,682 \leq x_1 \leq 1,682; \quad (3.28)$$

$$-1,682 \leq x_2 \leq 1,682; \quad (3.29)$$

$$-1,682 \leq x_3 \leq 1,682; \quad (3.30)$$

Оптимизацию проводили методом обобщенного приведенного градиента по рекомендациям [34]. На рисунках 3.6 и 3.7 представлены результаты оптимизации по нахождению оптимального значения модуля динамического прогиба уплотненного снежного дорожного покрытия .

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Коэффициенты уравнения регрессии										
2	b0	b1	b2	b3	b11	b22	b33	b12	b13	b23	Динамический модуль упругости снежной поверхности, МПа
3	137,069	-11,56	57,506	-2,681	-2,748	-28,707	-11,274	-9,685	-0,702	-0,31	
4	Переменные										
5		x1	x2	x3							
6		0	0	0,588							131,594
7	Система ограничений										
8		1	0	0	0	1,682					
9		1	0	0	0	-1,682					
10		0	1	0	0	1,682					
11		0	1	0	0	-1,682					
12		0	0	1	0,588	1,682					
13		0	0	1	0,588	-1,682					
14											
15											

Рисунок 3.6 - Оптимизация нахождения оптимальной величины модуля динамического прогиба уплотненного снежного покрытия

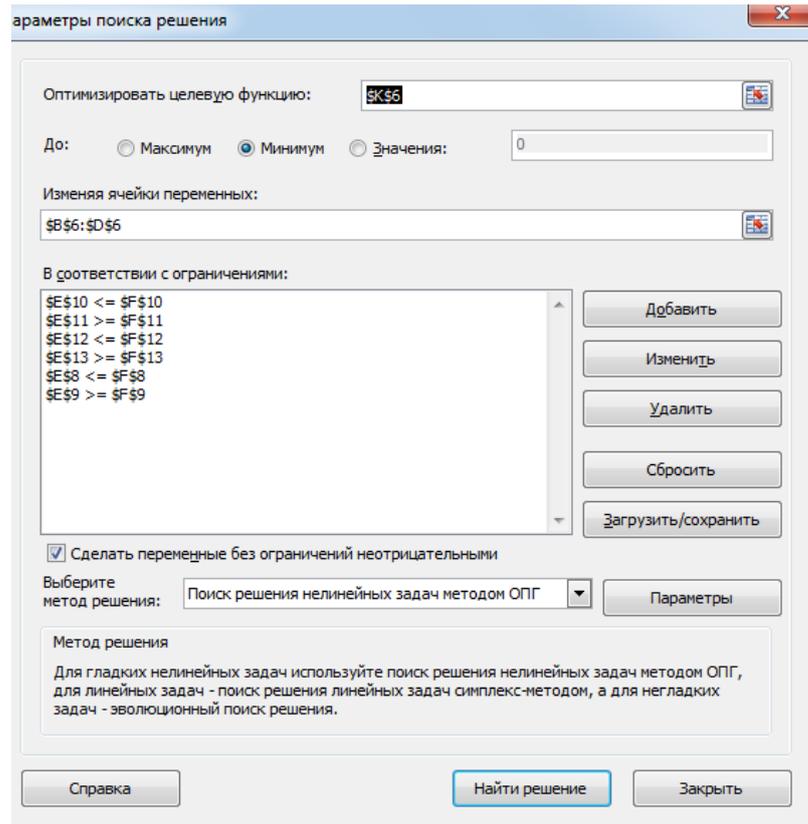


Рисунок 3.7 – Пример решения задачи оптимизации по нахождению оптимального значения модуля динамического прогиба уплотненного снежного покрытия

Оптимальные значения управляющих факторов составляют:

$$x^* = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0,588 \end{vmatrix} \rightarrow \begin{vmatrix} 15 \text{ см} \\ 0,5 \text{ г/см}^2 \\ -7,1 \text{ }^\circ\text{C} \end{vmatrix} \quad (3.31)$$

Значение модуля динамического прогиба уплотненного снежного покрытия составит $D = 131,6$ МПа.

Выводы по третьей главе

1. В результате экспериментальных исследований было выяснено, что оценка транспортно-эксплуатационных показателей снежных дорожных покрытий с использованием модуля динамического прогиба существенно увеличивает оперативность в измерении основных параметров.

2. Установлено, что для достижения необходимых значений прочностных показателей зимних лесных дорог уплотненное снежное покрытие должно иметь толщину не менее 9 см, плотность снежного покрытия не менее $0,36 \text{ г/см}^3$, модуль динамического прогиба не менее 80 – 90 МПа, при температуре воздуха от минус 3 и ниже.

3. Было выяснено, что прочностные показатели снежных дорожных покрытий зависят от технологии их строительства и погодных-климатических условий.

4. Апробирована методика уплотнения снежных дорожных покрытий лесных дорог. Получено уравнение регрессии влияния плотности снежного покрытия, его толщины и температуры воздуха на изменения модуля динамического прогиба снежного дорожного покрытия.

5. Решение задачи оптимизации выявили, что оптимальными параметрами уплотненного снежного покрытия следует считать: толщина уплотненного снежного покрытия = 15 см; плотность снежного покрытия = $0,5 \text{ г/см}^3$; температура воздуха = минус $7,1^\circ\text{C}$. При этом ожидаемое значение модуля динамического прогиба уплотненного снежного покрытия составляет $D = 131,6$ МПа.

6. Установлено, что при строительстве снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог необходимо проведение специальных мероприятий по обеспечению технологического контроля строительства с использованием приборов для динамических испытаний.

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА УПЛОТНЕННОГО СНЕЖНОГО ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ЗИМНИХ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

4.1 Организационно-технологические решения при строительстве зимних лесных дорог

Существующие организационно-технологические решения строительства уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог основаны на создании прочных конструктивных слоев из снега. В основу этих технологических решений положен анализ основных физико-механических свойств снежного покрова и процессов изменения его физико-характеристик в процессе строительства [3, 11, 21].

В состав современной технологии дорожного строительства зимних лесных дорог, помимо подготовки дорожного основания включается еще и технологический контроль строительного производства [12, 56].

Наибольшее распространение при строительстве зимних лесных дорог получили дорожно-строительные машины и машины для уплотнения дорожно-строительных материалов.

В общем виде технологию строительства зимних лесных дорог можно разделить на следующие технологические процессы: первоначальная подготовка основания дорожной одежды из местного грунта, накопление снежных осадков, распределение материалов в слое, уплотнение, уход. Организационные решения при строительстве зимних дорог представлены на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Организация строительства уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог

Процесс строительства зимних лесных дорог состоит в последовательном выполнении ряда технологических операций. Каждая операция требует полного завершения предыдущей перед началом последующей операции [18].

Организационный этап строительства уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог заключается в подготовке дорожного покрытия до начала отрицательных температур воздуха. В этот период осуществляют планировку земляного полотна или верха дорожной одежды простейших типов.

В подготовительный этап осуществляют устройство теплопроводящих слоев для увеличения скорости промерзания грунтов. Отличительной особенностью этого этапа служит начало накопления твердых зимних осадков в виде снега. В процессе накопления рекомендуется регулировать его плотность на покрытии.

Интенсивность выпадения снежных осадков зависит от природно-климатических подзон лесосырьевых баз и рассмотрены в работах [6,7]. В таблице 2. 1 представлены данные многолетних наблюдений интенсивности выпадения снежных осадков. В процессе накопления снежных осадков следует учитывать рекомендации по проектированию и применению снегозадерживающих устройств на автомобильных дорогах [72].

Как было показано в исследованиях УГЛТУ, значения слоя снежного покрова на дорожных покрытиях достигали значений от 0,35 до 0,40 см.

Общую оценку наибольших значений толщины уплотненного снежного покрытия лесной дороги предлагается оценивать по следующему уравнению:

$$H_{ycn} = \frac{h_c S \gamma_c}{\gamma_n} \quad (4.1)$$

где h_c - высота снежного покрова за весь зимний периода года, см;

S - общая, расчетная площадь снежного дорожного покрытия, см²;

γ_c – начальная плотность свежевывпавшего снега, г/см³

γ_n - плотность снежного покрытия, г/см³.

В таблице 2.5. представлены значения наибольшей толщины уплотненного слоя.

Основной организационный этап строительства зимних дорог состоит из распределения и уплотнения снежного покрова. Уплотнение снега приходится проводить в два этапа. Первый этап это первичное уплотнение, обжимка снега гладилками или бульдозерными отвалами.

Строительство зимних дорог производится комплектами дорожно-строительных машин или средствами малой механизации. Выбор машин и механизмов должен предусматривать их взаимообмен.

Примерный перечень основных дорожно-строительных машин, необходимых для строительства зимних дорог приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Перечень основных дорожно-строительных машин, необходимых для строительства зимних дорог

№ п/п	Наименование	Характеристики
1	Трубный профилировщик	Рабочая массой Q = 6,8 т
2	Снегоочиститель плужный	мощностью двигателя 176 кВт
3	Автогрейдер	Мощность двигателя 99 кВт
4	Каток пневмоколесный	Рабочая массой Q = 10-12 т
5	Машина КДМ	Мощность двигателя 90 кВт
6	Бульдозер ДЗ-171.1	Мощностью двигателя 125 кВт

В общем виде технологическая последовательность строительства зимних лесных дорог в уплотненном снежном покрытии представлена на рисунке 4.1.

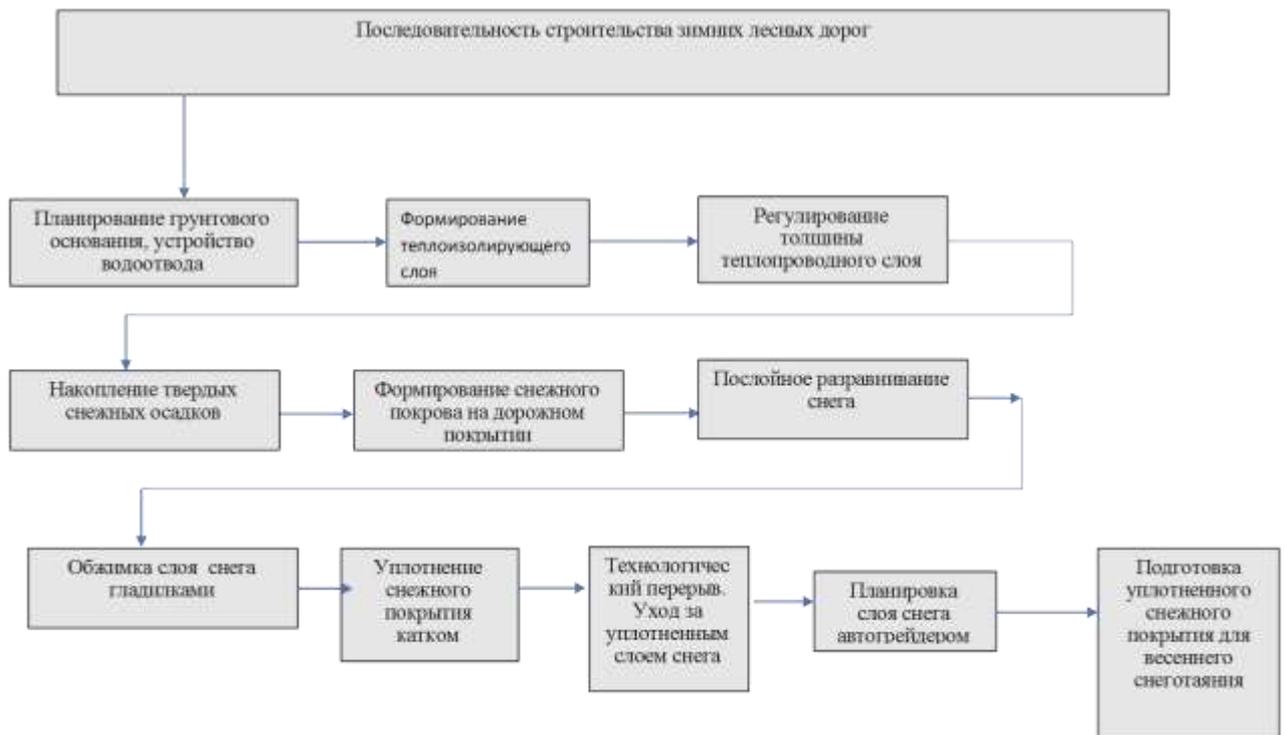


Рисунок 4.2 – Технологическая последовательность строительства уплотненных снежных покрытий зимних лесных дорог

Строительство уплотненного снежного покрытия предусматривается по всей ширине проезжей части лесной зимней дороги.

В случае строительства простейших зимних дорог возможно использовать лесовозные и грузовые автомобили. В этом случае уплотнение осуществляется при проезде лесовозов по всей ширине проезжей части. Однородность уплотнения регулируется за счет последовательной перестановкой переносных заборчиков по ширине проезжей части и использовании специальных дорожных знаков [70].

Данный способ может быть осуществлен только для лесных дорог с интенсивностью движения менее 200 лесовозных автомобилей в сутки. Планирование осуществляется автогрейдером или дорожной комбинированной дорожной машиной.

Строительство уплотненного слоя снега в период снегопада осуществляется периодическими проходами комбинированными дорожными машинами с навесным оборудованием или трубными профилировщиками.

Повторяемость прохода комбинированными дорожными машинами зависит от интенсивности снегопада и допустимой толщины свежесвыпавшего снега и определяется по формуле

$$n = \frac{H}{h}, \quad (4.2)$$

где H – толщина свежесвыпавшего снега, мм;

h – среднемноголетняя часовая интенсивность выпадения снега, мм/ч.

Окончательная планировка и профилирование снега и строительство уплотненного снежного покрова производят после окончания снегопада автогрейдером по одному проходу или отвалами комбинированных дорожных машин.

При этом, в любом случае устраивается технологический перерыв, назначаемый в зависимости от погодных условий.

Модуль динамический прогиба уплотненного снежного покрытия должен находиться в интервале от 180 до 190 МПа и выше. При этом следует учитывать, что наименьшие значения модуля динамического прогиба должны находиться в интервале от 80 до 90 МПа.

Возможно уплотнение снежного покрытия пневмокатками массой от 10 до 12 тонн, виброплитами или трубными профилировщиками за 1 проход по 1 следу.

Для предотвращения образования колеи периодически производится планировка с перемещением снега на след наката. После планировки след от колеи регулируется установкой переносных заборчиков или дорожных знаков.

Организация и технология производства работ.

Объем снега, используемого на одну захватку определяют как:

$$V = L \cdot B \cdot h \cdot k_{\text{зап}}, \quad (4.3)$$

где L – длина сменной выработки, м;

B – ширина дороги, м;

h – толщина уплотненного снежного покрытия, м;

$k_{\text{зап}}$ – коэффициент запаса по уплотнению.

Коэффициент запаса для снега свежеснежавшего принимают от 1,5 до 1,6, для снега слежавшегося от 1,1 до 1,2.

Толщина слоя снега на покрытии должна быть не менее 5 см.

Наибольшее значение снега на покрытии неограничено, но не должно создавать помех для движения автотранспорта. В исследованиях было определено, что слой снега на покрытии не должен превышать 30 см [45].

В основном этапе строительства зимних дорог предусмотрен технологический перерыв между распределением снега по дорожному покрытию и его уплотнением. При этом контролируется влажность снега и температура воздуха.

Планировку снежного покрытия следует производить с помощью автогрейдера или бульдозера. Уплотнение должно производиться после распределения снега по дорожному покрытию.

Уплотнения снежного покрытия производится по следующей методике:

1. Первичное уплотнение или обжимка снежного покрытия производить гладилками или бульдозерными отвалами, при движении задним ходом.
2. Окончательное уплотнение производить пневмокатками массой 10 – 12 тонн. Скорость уплотнения от 2 до 7 км/ч. Меньшая скорость соответствует первым проходам, наибольшая последним проходам.
3. Гладилки или трубные финишеры перемещаются со скоростью до 15 км/ч.
4. Начальные проходы пневмокатков желательно осуществлять ведущими колесами вперед.
5. Процесс уплотнения пневмокатками должны быть в непрерывным и равномерным.
6. Процесс уплотнения пневмокатками регулируется путем смещения следа каждого последующего прохода пневмокатка.

Основная задача на первом этапе состоит в распределении снега и его первичного уплотнения.

Второй этап уплотнения – стабилизация снежного покрытия.

По мере формирования структуры уплотненного снежного покрытия происходит взаимное сближение снежных частиц.

Перерыв между уплотнениями следует проводить согласно таблице 4.3.

Признаками окончания стабилизации снежного покрытия служить отсутствие колеи при проезде по нему лесовозного автомобиля.

Уплотнение производится от краев к середине дорожного покрытия.

Признаки окончания уплотнения:

– отсутствие следа на уплотненном покрытии слое от прохода пневмокатка.

В случае если после уплотнения на покрытие выпадает снег, проводятся мероприятия по его очистке.

Технологическая последовательность производства работ с расчетом потребных ресурсов и объемов предусматривает работы на трех участках.

Первый участок производства работ (1000 м). Разравнивание и распределения снега по всей ширине дорожного покрытия. Формирование снежного покрытия устройством для формирования уплотненного снежного покрытия (Патент на полезную модель № 219114. Устройство для формирования уплотненного снежного покрытия. заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО УГЛ-ТУ, RU) [69]. Предварительное уплотнение. Работает бульдозер ДЗ-171.1 (мощность двигателя 125 кВт);

На втором участке работ – 1000 м - выполняются следующие технологические операции:

- Разравнивание снежного дорожного покрытия автогрейдером ДЗ-180 (мощность двигателя 99 кВт);
- Уплотнение и строительство уплотненного снежного покрытия пневмокатком ДУ-100, с рабочей массой $Q = 12$ т;

На третьем участке работ – 1000 м - выполняется технологический перерыв в зависимости от условий (таблица 4.3.)

На четвертом участке работ – 1000 м - выполняются следующие технологические операции:

- Обжимка снежного дорожного покрытия, трубным профилировщиком с рабочей массой $Q = 9,8$ т;
- Планировка слоя автогрейдером ДЗ-180 (мощность двигателя 99 кВт).

4.2 Технологический контроль качества строительства уплотненных снежных покрытий зимних лесных дорог

Одним из элементов строительства лесотранспортной инфраструктуры в зимний период года служит система технологического контроля. Для осуществления контроля качества строительства уплотненных зимних покрытий лесных дорог необходим целый комплекс организационных и технологических мероприятий. Как было показано в главе 1.3, для решения вопросов обеспечения

качества строительства необходимо наличие дорожно-строительных лабораторий или наличие испытательного оборудования.

Принципиальные положения, на которых базируется контроль следующие:

1. Контроль должен быть достоверным, полным и эффективным на всех стадиях строительства зимних лесных дорог. Полным контроль может быть при условии выполнения всех испытаний, предусмотренных нормативными документами, регламентирующими определенный вид работ.

2. При отсутствии лабораторной службы лесозаготовительное предприятие или арендатор лесных участков обязано иметь собственную систему контроля качества.

В случае полного контроля происходит значительное увеличение объема всех испытаний, что влечет за собой значительное удорожание строительства.

Для уменьшения затрат на технологический контроль были разработаны мероприятия по развитию системы контроля качества

В результате исследований были сформулированы требования к системе технологического контроля строительства уплотненных снежных дорожных поверхностей зимних лесных дорог, представленные на рисунке 4.3.

При разработке информационной системы технологического контроля были использованы основные положения ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий».

Под входным контролем качества дорожно-строительных материалов будем считать оценку природно-климатических условий: интенсивность выпадения осадков, температуру воздуха, влажность воздуха.

Операционный контроль качества строительства зимних лесных дорог осуществляет лаборатория строительной организации или арендатор лесных участков, осуществляющий строительство зимних дорог (Приложение Д, таблица Д.1).

Приемочный контроль качества подготовительных работ осуществляет мастер или прораб с участием представителей арендаторов.

Дорожные покрытия, подготовленные в осенний период, следует проверять внешним осмотром на соответствие требованиям Технологического регламента (приложение Е, таблицы 4.1, 4.2).

Во время операционного контроля следует оценивать качество распределения снега по покрытию, качество уплотнения слоя.

В процессе разравнивания снега необходимо оценивать ширину и толщину слоя, качество поверхности, уклоны в поперечной плоскости, с интервалом не менее 500 м.

Уплотнение снежного покрытия контролируют визуально и с помощью экспресс методов.

Качество уплотнения оценивается по модулю динамического прогиба снежного покрытия. Измерение динамического модуля упругости слоя осуществляется в точках, представленных в картах рабочего процесса. Требования к снежным дорожным покрытиям представлены в таблице 4.2.

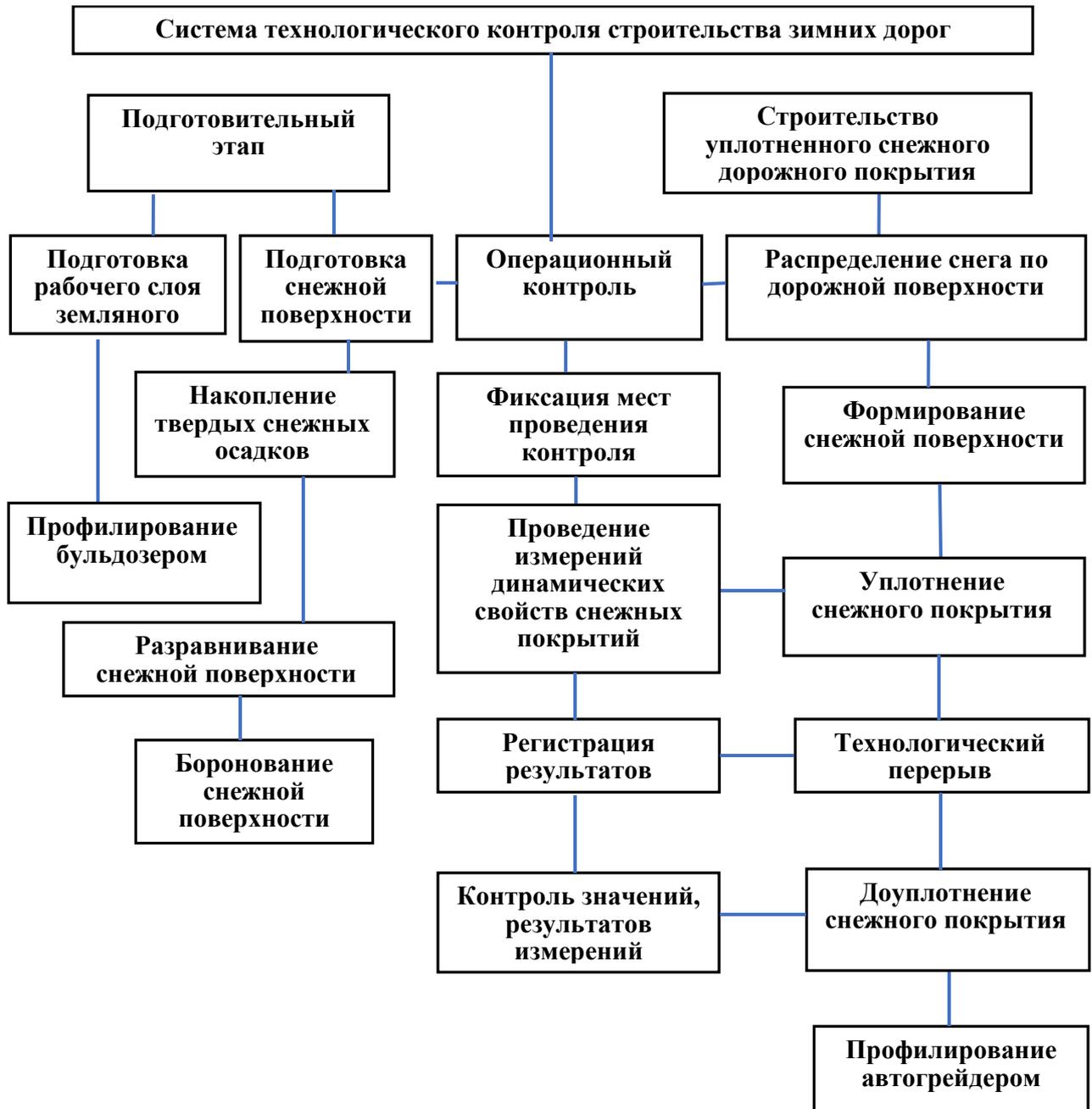


Рисунок 4.3 – Структурная схема технологического контроля качества строительства зимних лесных дорог

В Приложении Д, таблица Д.1 представлена разработанная система технологического контроля качества работ на устройство уплотнённого снежного дорожного покрытия лесных дорог.

Таблица 4.2. Требования технологического контроля к уплотнённым снежным дорожным покрытиям зимних лесных дорог

п/п	Транспортно-эксплуатационный показатель	Тип снежного покрытия	Толщина снежного покрытия, см	модуль динамического прогиба снежного покрытия, МПа		
				При 0°С	При – 5°С	При – 15°С
1	Прочность снежного дорожного покрытия лесной дороги	Рыхлый, обвалованный	5,0	50-60	60-70	80-90
			10,0	25-35	40-50	10-50
			15,0	15-25	20-30	20-30
			25,0	15-25	10-20	25-25
2	Прочность снежного дорожного покрытия лесной дороги	Уплотненный, слежавшийся	5,0	120-130	130-140	130-140
			10,0	125-135	120-130	102-130
			15,0	130-140	130-140	140-150
			25,0	110-120	110-120	120-130
2	Прочность снежного дорожного покрытия лесной дороги	Уплотненный снежный покров	5,0	180-190	180-190	190-200
			10,0	150-160	110-120	165-175
			15,0	170-180	130-140	120-130
			25,0	190-200	150-160	130-140

Таблица 4.3. Требования технологического контроля к продолжительности технологического перерыва при устройстве уплотненного снежного покрытия зимних лесных дорог

Температура воздуха 0 С	Продолжительность технологического перерыва, час	Температура воздуха 0 С	Продолжительность технологического перерыва, час
– 2 ... – 5	24...30	– 11... – 15	12 ...16
– 6 ... – 10	16 ...24	– 20 и ниже	6 ... 8

Модуль динамического прогиба снежного покрытия, должен соответствовать нормативным значениям и быть не менее расчетных значений, представленных в таблице 4.2.

В случае неудовлетворительного качества проведения работ, принятые значения пересматриваются.

Устройство дорожного покрытия на слое с необеспеченного динамического модуля упругости возможно только при условии доведения его значения до требуемого значения.

На основании проведенных исследований был разработан и утвержден технологический регламент на технологический контроль при выполнении работ по устройству уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог, представленный в Приложении Е.

Как было показано выше, технологии зимнего содержания лесных дорог ничем не отличается от технологий зимнего содержания автомобильных дорог общего пользования и в диссертационном исследовании не рассматриваются.

4.3 Экономическая эффективность применения технологического контроля при строительстве зимних лесных дорог с уплотненным снежным покрытием

Для определения экономической эффективности капитальных вложений используем метод определения прямых затрат [14, 31]:

$$\mathcal{E} = \{(z^* + zc_1) \cdot Y + \mathcal{E}_0 - (z^{**} + zc_2)\} \cdot A, \quad (4.4)$$

где \mathcal{E} – годовой экономический эффект, руб;

zc_1 – приведенные затраты по устройству конструкции зимней дорожной одежды базового варианта (снежно-ледяные покрытия зимних лесных дорог), руб;

zc_2 – приведенные затраты по устройству конструкции зимней дорожной одежды с уплотненным снежным дорожным покрытием, руб;

z^* – приведённые затраты на содержание;

z^{**} – приведенные затраты на изготовление с учетом стоимости транспортирования до строительной площадки;

Y – коэффициент изменения срока службы дорожной конструкции с уплотненным снежным покрытием по сравнению с базовым вариантом, $Y=3$;

\mathcal{E}_3 – экономия в сфере эксплуатации конструкции за гарантийный срок ее службы;

A – объем внедрения.

Приведенные затраты определяются по следующим формулам:

$$3c_1 = (C_1 + E_n \cdot K_1); \quad (4.5)$$

$$3c_2 = (C_2 + E_n \cdot K_2), \quad (4.6)$$

где C_1 и C_2 – себестоимость работ по сравниваемым вариантам (см. приложение Д, таблицы Д.3, Д.4), руб.;

E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, $E_n = 0,15$; K_1 и K_2 – капитальные вложения в основные производственные фонды по сравниваемым вариантам.

Сметная документация по объекту составлена на основании методики, утвержденной приказом № 421 от 4 августа 2020 г. Минстроя РФ в редакции приказа № 557 от 7 июля 2022 г.

Нормы накладных расходов приняты в соответствии с Методическими указаниями по определению величины накладных расходов в строительстве (МДС 81-33.2004, МДС 81-34.2004).

Нормы сметной прибыли принимаются в соответствии с Методическими указаниями по определению величины сметной прибыли в строительстве (МДС 81-25.2001).

Расчет локальных смет выполнен на основании действующих норм и цен 2001 года (на 01.01.2000) с использованием федеральной сметно-нормативной базы ФЕР-2001 в редакции 2022 г.

Перевод из базисных в текущие цены по состоянию на II квартал 2023 года выполнен по итогу сводного сметного расчета с использованием индекса 8,6 (автомобильные дороги) при переводе по приложению к письму Минстроя России от 01.11.2021 № 47672-ИФ/09. На основе вариантов конструктивного исполнения зимних лесных дорог составим локальные сметы по конструкциям: снежно-ледяная, поливная и снежно-уплотненная зимняя лесная дорога.

Для сравнительной оценки в данной работе рассмотрены варианты строительства лесной автомобильной дороги на территории лесосырьевой базы в Челябинской обл. (II дорожно-климатическая зона) протяженностью 3 км.

Планово-расчетная цена стоимости снежно-ледяной, поливной дороги протяженностью дороги 1 км – составляет (в ценах на 2-й квартал 2023 г., с учётом НДС) 128,43 тыс. руб.

Планово-расчетная цена стоимости строительства лесной дороги с уплотненным снежным дорожным покрытием (с НДС) составляет (в ценах на 2-й квартал 2023 г.) 108,53 тыс. руб.

Расчеты планово-расчетных цен приведены в приложении Д. Таблица Д.3, Д.4.

Экономическая эффективность дорожных конструкций с уплотненным снежным дорожным покрытием на лесной дороге протяженностью 3 км составила 201,6 тыс. руб.

Акт внедрения методов технологического контроля строительства зимней дороги с уплотненным снежным дорожным покрытием представлен в приложении Ж.

Сравнение по суммарным приведённым затратам.

На основании выполненных расчетов составим сводную таблицу технико-экономических показателей вариантов морозоустойчивых дорожных одежд, представленную в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Технико-экономические показатели разработанных вариантов зимних лесных дорог

Показатели	Единица измерения	Значение показателей	
1. Тип покрытия	–	Зимняя лесная дорожка с снежноледяным, поливным дорожным покрытием	Зимняя лесная дорог с уплотненным снежным дорожным покрытием
2. Протяженность	км	3	3
3. Стоимость строительства всего участка дороги в текущих ценах II квартал 2023 г.	тыс. руб.	392,61	355,35
в том числе:			
3.1 Дорожная одежда	тыс. руб.	85,62	76,91
3.2 Временные здания и сооружения - 4,1%	тыс. руб.	14,72	4,44
3.3 Зимнее удорожание дороги 1,98%	тыс. руб.	2,44	2,23
3.4 Непредвиденные затраты 3%	тыс. руб.	3,85	3,25
3.5 НДС 20%	тыс. руб.	36,8	21,7
4. Сметная стоимость на 1 км в текущих ценах II квартала 2023 г. с НДС20%	тыс. руб.	128,43	108,53

Выводы по четвертой главе

1. Проведенный комплекс исследований позволил разработать систему технологического контроля качества строительства, уплотненного снежного дорожного покрытия зимних лесных дорог.

2. Преимущества уплотненного снежного покрытия: возможность использования твердых зимних осадков, устойчивость к нагрузкам при эксплуатации лесных дорог, невысокая стоимость, экологичность.

3. Технологический контроль качества при строительстве зимних лесных дорог позволил проводить оценку транспортно-эксплуатационных показателей

снежных покрытий и оперативно вносить изменения в технологию их строительства.

4. Разработаны требования технологического контроля к уплотнённым снежным дорожным покрытиям лесных дорог для различных видов снежных покрытий и погодных условий.

5. При строительстве зимних лесных дорог в уплотненном снежном дорожном покрытии необходимо контролировать тип снежного покрытия, температуру воздуха и модуль динамического прогиба.

6. Толщина снежного покрытия должна быть не менее 9 см, а модуль динамического прогиба не менее 80 – 90 МПа.

7. Окончательное уплотнение и формирование прочного слоя должно быть выполнено с технологическим перерывом в диапазоне от 6 до 30 часов, при этом необходимо контролировать значения модуля динамического прогиба в диапазоне от 110 до 160 МПа.

8. Разработаны организационно-технологические решения строительства зимних лесных дорог в уплотненном снежном покрытии, закрепленные в технологическом регламенте на технологический контроль при выполнении работ по устройству уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог.

9. Устройство уплотненных снежных дорожных покрытий позволяют снизить транспортные расходы, себестоимость строительства и повысить эффективность строительства в 1,24 раза.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Проведены экспериментальные исследования, по оценке транспортно-эксплуатационных показателей уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог.
2. Установлено, что для оценки транспортно-эксплуатационных показателей, уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог следует использовать динамические методы испытаний покрытий.
3. Впервые получены зависимости деформаций уплотненных снежных дорожных покрытий и регрессионные модели оценки их транспортно-эксплуатационных показателей по модулю динамического прогиба с использованием интеллектуальной системы, построенной в виде нейронечеткой сети.
4. Установлено, что оптимальными параметрами уплотненного снежного дорожного покрытия следует считать: толщина уплотненного снежного покрытия равная 15 см; плотность снежного покрытия равная $0,5 \text{ г/см}^3$; при температуре воздуха минус $7,1^\circ\text{C}$. Ожидаемое значение модуля динамического прогиба уплотненного снежного дорожного покрытия $D = 131,6 \text{ МПа}$.
5. Выявлено, что ухудшение транспортно-эксплуатационных показателей уплотненных снежных дорожных покрытий начинает происходить при снижении модуля динамического прогиба менее 80 – 90 МПа, при толщине слоя снега мене 9 см, при температуре воздуха от минус 3 и ниже.
6. Разработан и внедрен технологический регламент, устанавливающий обязательный технологический контроль при выполнении работ по устройству уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог.
7. Разработаны требования и регламенты технологического контроля качества строительства уплотненного снежного дорожного покрытия: толщина слоя снега не менее 15 см, температура воздуха не выше - 5 С, продолжительность технологического перерыва не менее 8 часов. Значения модуля динамического прогиба от 110 до 160 МПа.

8. Ожидаемый экономический эффект от внедрения технологического контроля качества при строительстве уплотненного снежного дорожного покрытия зимних лесных дорог позволяет в 1,24 раза снизить затраты на себестоимость строительства и увеличить сроки эксплуатации зимних лесных дорог.

9. Результаты исследований апробированы на практике и внедрены в ООО «ТД Урало-Сибирская компания», что подтверждается соответствующими актами.

10. Разработанные требования и регламенты могут быть адаптированы для использования их при строительстве автозимников местного значения и дорог специального промышленного транспорта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. - М.: Наука, 1976. – 146 с.
2. Азаренок В. А Инновационный путь развития лесного комплекса Свердловской области / В. А. Азаренок, А. В. Мехренцев, Г. М. Гиреев // Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса в рамках концепции 2020. Материалы VII международной научно-технической конференции. – Урал. Гос. лесотехн. Ун-т.-Екатеринбург, 2009. – С. 3–9.
3. Алябьев В. И. Сухопутный транспорт леса: учебник для вузов / В.И. Алябьев [и др.]. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 416 с.
4. Андреева Е.А. Вариационное исчисление и методы оптимизации. / Е.А. Андреева. - М.: Высшая школа, 2006. - 584 с.
5. Аникин А.А. Проходимость гусеничных машин по снегу [Текст] / А.А. Аникин, Л.В. Барахтанов, И.О. Донато. – Н. Новгород: Типография "Омега", 2009. – 362 с.
6. Архипова Н. П. Общая характеристика природы Урала и Свердловской области. Природа Свердловской области / Н. П. Архипова. – Свердловск, 1958. – 59 с.
7. Афанасьев И.А. Зимнее содержание лесовозных автомобильных дорог Уральского региона. [Текст]: Монография / И.А. Афанасьев, И.Н. Кручинин. - Пермь: Изд-во Перм.гос. техн. ун-та,2006. -135 с.
8. Афоничев Д. Н. Совершенствование транспортного освоения лесосырьевых баз / Д. Н. Афоничев, В. А. Морковин, П. С. Рыбников // Вестн. МГУЛ. Лесной вестник – 2012. – № 4. – С. 79–88.
9. Борьба со снегом и гололедом на транспорте: материалы 2-го Международного симпозиума, состоявшегося 15 – 19 мая 1978 г., Ганновер, штат Нью-Гэмпшир, США / пер, с англ. Л.Я. Менис, М.Н. Шипковой; под ред. А.П. Васильева. М.: Транспорт, 1986. 216 с.

10. Бурмистрова О.Н. Зимнее содержание территориальных автомобильных дорог. [Текст] / О.Н. Бурмистрова, И.Н. Кручинин // Учеб. пособие. – ФГБОУ ВО Ухтинский государственный технический университет – Ухта: УГТУ, 2019. – 70 с., ил.

11. Бурмистрова О.Н. Нормирование основных транспортно-эксплуатационных качеств зимних лесовозных автомобильных дорог [Текст] / И.Н. Кручинин, О.Н. Бурмистрова // Лесотехнический журнал. - 2017- № 4 (28). - С. 134-140. (0,31).

12. Васильев А.П. и др. Строительство и реконструкция автомобильных дорог: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. I [Текст] / М.: Информавтодор, 2005. – 236 с.

13. Вейнберг Б.П. Снег, иней, град, лед и ледники [Текст]/ Б.П. Вейнберг. – М., Л.: ОНТИ, 1936. – 231 с.

14. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский. - М.: Наука, 1981. – 263 с.

15. Войтковский К.Ф. Механические свойства снега / К.Ф. Войтковский. – М., 1977. – 158 с.

16. ВСН 01-82 Инструкция по проектированию лесозаготовительных предприятий / Введ. 1982-11-21. – М.: ГП Информавтодор, 1983. – 184 с.

17. ВСН 137-89 Проектирование, строительство и содержание зимних автомобильных дорог в условиях Сибири и северо-востока СССР / Введ. – 1990.01.01 – М.: Транспорт, 1991. – 157 с.

18. ВСН 24-88 Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог / Введ. – 1989.01.01 – М.: Транспорт, 1989. – 198 с.

19. Вуори А.Ф. Механические свойства снега как строительного материала / А.Ф. Вуори // Физические методы исследования льда и снега: сборник трудов. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. –118 с.

20. Вырко Н.П. Сухопутный транспорт леса [Текст]: учебник для студентов вузов / Н.П. Вырко. – Минск: Высш. шк., 1987. – 437 с.
21. Галахов Н.Н. Снежный покров в лесу / Н.Н. Галахов// Метеорология и гидрология. – 1940. – №3. – С. 15 – 16.
22. Гармаш А.Н. Математические методы в управлении / А.Н. Гармаш, И.В. Орлова. М.: ИНФРА-М, 2013. – 272 с.
23. Горелик В.А. Исследование операций и методы оптимизации: Учебник / В.А. Горелик. - М.: Academia, 2018. - 384 с.
24. ГОСТ 33181-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к уровню зимнего содержания (с Поправкой) [Текст]. Введ.2015-12-01. –М.: ФГУП Стандартиформ, 2016. -24 с.
25. ГОСТ Р 50597-2017 Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля (с Поправками) [Текст]. Введ.2018-06-01. –М.: ФГУП Стандартиформ, 2017. – 18 с.
26. ГОСТ Р 58948-2020 Дороги автомобильные зимние и ледовые переправы. Технические правила устройства и содержания.
27. Донато И.О. Теоретическое и экспериментальное обоснование повышения проходимости колесных машин по снегу [Текст]: автореф. дис. ...д-ра техн. наук / И.О. Донато. –Ниж. Новгород, 2007. – 32 с.
28. Дороги и транспорт лесной промышленности [Текст]: справ. пособие. / И.И. Леонович [и др.] – Минск: Высш. шк., 1979. – 416 с.
29. Дюнин А.К. В царстве снега [Текст] / А.К. Дюнин. - Наука. -Новосибирск, 1983. – 128 с.
30. Евфимов Н.Г. О плотности снега в связи с его структурой и глубиной залегания [Текст] / Н.Г. Евфимов // Метеорология и гидрология. –1941. – №2. – С.18-22.
31. Ежова М.Г. Оценка инновационных технологий зимнего содержания лесовозных автомобильных дорог в условиях Свердловской области / И.Н.

Кручинин, М.Г. Ежова, С.И. Кручинин // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. Научно-информационный журнал. – 2008. № 3. – С. 126-128.

32. Желукевич Р.Б., Кайзер Ю.Ф., Лысянников А.В. Стенд для исследования прочности уплотненного снежного покрова аэродромов и дорожных покрытий // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2012. № 2. С. 98 – 100.

33. Земельный кодекс РФ / текст с изм. и доп. на 10 мая 2011 г. М.: ЭКСМО, 2011. – 160 с.

34. Измаилов А.Ф. Численные методы оптимизации / А.Ф. Измаилов, М.В. Солодов. - М.: Физматлит, 2008. - 320 с.

35. Ильин Б.А. Основы размещения лесовозных дорог в сырьевых базах лесозаготовительных предприятий [Текст]: лекции для студентов специальности 0901 / Б.А. Ильин. – Л.: ЛТА, 1987. – 64 с.

36. Кожевников А.Н. Уравнения связи параметров состояния снега и зависимости их от деформации снежного покрова / А.Н. Кожевников, В.В. Беляков, В.А. Малыгин, и др. // Проектирование, испытания, эксплуатация и маркетинг автотракторной техники. – Н.Новгород: НГТУ, 1997. -С.121-129.

37. Корунов М.М. Ускоренный способ постройки зимних дорог / М.М. Корунов. – М.: Гослестехиздат, 1946. – 34 с.

38. Крагельский И.В. Изменение механических свойств снежного покрова во времени (затвердение) / И.В. Крагельский, А.А. Шахов // Физико-механические свойства снега и их использование в аэродромном строительстве: сборник. – М.: Изд. АН СССР, 1945. – С. 10 –13.

39. Крживицкий А.А. Снегоходные машины. Г.Н.Т. – М.: Машгиз, 1949. – 235с.

40. Кручинин И.Н. Зимнее содержание лесовозных автомобильных дорог. Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения: межвузовский

сборник научных трудов – Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского гос. Ун-та. - 2006. № 6. - с.126-129.

41. Кручинин И.Н. Особенности использования снега как дорожно-строительного материала при эксплуатации автомобильной дороги в накате. Автотранспортный комплекс – проблемы и перспективы, экологическая безопасность. Материалы всероссийской научно-технической конференции (26-27 апреля 2007 года) //ПГТУ/Пермь, 2007, с.129-133.

42. Кручинин И.Н. Особенности формирования уплотненного снежного наката на автомобильной дороге / И.Н. Кручинин // Вестник ВолГАСУ. Строительство и архитектура. Вып. 16 (35). – Волгоград, 2009 – С. 77 – 81.

43. Кручинин И.Н. Повышение транспортно-эксплуатационных качеств лесовозных автомобильных дорог при освоении лесосырьевых баз многолесных регионов: дис. ... д-ра техн. наук. Специальность 05.21.01/. / Кручинин Игорь Николаевич [Место защиты ВГЛТУ, 24.03.2017] – Воронеж, 2017. – 347 с.

44. Кручинин И.Н. Транспортная инфраструктура лесов / И.Н. Кручинин // Учеб. пособие. – Екатеринбург: ФГБОУ ВО Урал. гос. лесотехн. ун-т., 2022. – 134 с.

45. Кручинин И.Н. Возможности повышения транспортно-эксплуатационных качеств лесовозных автомобильных дорог в различных сезонных условиях Свердловской области / И.Н. Кручинин, С.И. Сушков, В.В. Данилов // Лесотехнический журнал. - 2018- № 4 (32). – С. 157-163

46. Кручинин И.Н. Повышение транспортно-эксплуатационных качеств зимних лесовозных дорог [Текст] / И.Н. Кручинин, Е.В. Кондрашова/ Леса России и хозяйство в них/ жур. Вып 4(34) /УГЛТУ. – Екатеринбург, 2009 - С.75-79.

47. Кручинин И.Н. Транспортно-производственная система лесного комплекса [Текст] / И.Н. Кручинин/ Монография/Урал. гос. Лесотехн. ун-т. – Екатеринбург, 2010 – 155 с.

48. Кручинин И.Н. Эксплуатация зимних автомобильных дорог в снежном накате [Текст] / И.Н. Кручинин /Дальний Восток. Автомобильные дороги и

безопасность движения №9: международный сборник научных трудов – Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского гос. Ун-та, 2009 –С.186-189.

49. Кузьмин П.П. Физические свойства снежного покрова / П. П. Кузьмин. – Л., 1957. – 84 с.

50. Лабыкин А.А. Влияние природно-климатических факторов Северного Урала на лесные дороги. В сборнике: Разработка энергоресурсосберегающих и экологически безопасных технологий лесопромышленного комплекса: материалы Международной научной конференции ученых и студентов, Воронеж, 28 сентября 2022 г. / отв. ред. С. Н. Снегирева; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2022. – С. 57 – 60.

51. Лабыкин А.А. Методические основы формирования эффективных маршрутов транспортировки древесины [Электронный ресурс] / А.А. Лабыкин, И.Н. Кручинин/ Научное творчество молодежи – лесному комплексу России. Материалы XVII Всероссийской (национальной) науч.-техн. конф. студентов и аспирантов/Урал. Гос. лесотехн. Ун-т. - Екатеринбург, 2021, С.112 - 113.

52. Лабыкин А.А. Нормирование толщины уплотненного снежного покрова на проезжей части лесовозных автомобильных дорог / А.А. Лабыкин, И.Н. Кручинин, О.Н. Бурмистрова // в сборнике: Научная трансформация - основа устойчивого инновационного развития общества. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа, 2023. С. 38-46.

53. Лабыкин А.А. Особенности применения снега, как дорожно-строительного материала для лесных дорог на территории лесов Северного Урала / А.А. Лабыкин, В.С. Авдеева, Я.И. Абрамов // в сборнике: Современная наука: эксперимент и научная дискуссия. Сборник научных трудов по материалам X Международной научно-практической конференции. Анапа, 2022. С. 54-57.

54. Лабыкин А.А. Оценка транспортно-эксплуатационного состояния уплотненного снежного покрова зимних лесных дорог с использованием нейронных сетей / А.А. Лабыкин, И.Н. Кручинин, В.В. Побединский, Э.Р. Ахтямов. //Деревообрабатывающая промышленность. – 2023. - №3 – С.3 – 11.

55. Лабыкин А.А. Разработка требований к уплотненному снежному покрову зимних лесных дорог // А.А. Лабыкин, И.Н. Кручинин, Э.Р. Ахтямов. - Деревообрабатывающая промышленность. – 2023. - № 2. – С.10 -19.

56. Лабыкин А.А. Совершенствование методов технологического контроля уплотненного снежного покрова при строительстве и эксплуатации зимней транспортной инфраструктуры лесов / А.А. Лабыкин, И.Н. Кручинин, Э.Р. Ахтямов, А.Г. Гороховский, Е.Е. Шишкина, Д.В. Овсейчик // Научный журнал. Системы Методы Технологии. - 2023 № 4 (60). – С. 147 – 154.

57. Лабыкин А.А. Условия применения зимних лесовозных автомобильных дорог / А.А. Лабыкин, И.Н. Кручинин, О.Н. Бурмистрова // Теория и практика современной науки. 2023. № 4 (94). С. 199-209.

58. Лесной план Свердловской области на 2019–2028 годы. Утвержден Указом Губернатора Свердловской области от 18 сентября 2019 г. N 450-УГ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: http://www.pravo.gov66.ru/media/pravo/450-%D0%A3%D0%93_HVdmR5Z.pdf

59. Малыгин В.А. Исследование процессов деформации снега под воздействием гусеничного движителя и обоснование выбора размеров опорной поверхности гусениц снегоходных машин. [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.А. Малыгин – Горький, 1971. -16 с.

60. Методические рекомендации по проектированию временных автомобильных дорог на строительных площадках. ЗАО «ПРОМТРАНСНИИПРОЕКТ». – Утверждён Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – М. – 109 с.

61. Морозов С. И. Зимние дороги в лесной промышленности / С. И. Морозов, Ф. А. Павлов, Л. Н. Плакса, Э. Н. Савельев. – М.: Лесная промышленность, 1969. – 168 с.

62. Немчинов М. В. Охрана окружающей природной среды при проектировании и строительстве автомобильных дорог: учеб. пособие / М. В.

Немчинов, В. Г. Систер, В. В. Силкин; – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 240 с.

63. ОДМ 218.2.018-2012. Методические рекомендации по определению необходимого парка дорожно-эксплуатационной техники для выполнения работ по содержанию автомобильных дорог при разработке проектов содержания автомобильных дорог [Текст] / Отраслевой дорожный методический документ: - Взамен ОДН 218.014-99 / Росавтодор. - М.: РОСАВТОДОР, 2013. - 87 с.

64. ОДМ 218.5.001-2008. Методические рекомендации по защите и очистке автомобильных дорог от снега [Текст] / Отраслевой дорожный методический документ: - Утвержден распоряжением Росавтодора от 01.02.2008 г. № 44-р / Росавтодор. - М.: РОСАВТОДОР, 2008. - 87 с.

65. Павлов Ф.А. Покрытие лесных дорог / Ф.А. Павлов. - М.: Лесная промышленность, 1980. – 176 с.

66. Павлов Ф.А. Исследование прочности снежных и снежно-ледяных одежд автомобильных лесовозных дорог [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Ф.А. Павлов. – Архангельск, 1966. – 203 с.

67. Пат. № 41150 Российская Федерация, МПК7 G 01 N 1/20. Устройство для определения несущей способности снежного покрова [Текст] / И.Н. Кручинин, С.И. Булдаков, М.В. Савсюк; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет». – №2004113516/28; заявл. 05.05.2004; опубл. 10.10.2004, Бюл. № 28. – 2 с.: ил.

68. Пат. № 83073 Российская Федерация, МПК7 E 01 H 4/00. Устройство для формирования снежного наката на автомобильной дороге [Текст] / И.Н. Кручинин, С.И. Кручинин, С.И. Булдаков; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Уральский государственный лесотехнический университет. – №2008141121/22; заявл. 16.10.2008; опубл. 20.05.2009, Бюл. № 14. -1с.

69. Пат. № 219114. Российская Федерация, МПК E 01 H 4/00. Устройство для формирования уплотненного снежного покрытия. И.Н. Кручинин, А.А. Лабыкин, Д.В. Овсейчик, В.В. Побединский, О.Н. Бурмистрова, В.С. Авдеева; заявитель и

патентообладатель ФГБОУ ВО УГЛТУ, RU. – № 2023112508 заявл. 16.05.2023 г. опубл. 28.06.2023 г.

70. Пат. № 209723 Российская Федерация, МПК E01C19/28. Корпус дорожного знака. И.Н. Кручинин, И.Р. Шайхуллин, А.К. Мазитова, О.Н. Бурмистрова, Д.Д. Сабиров, З.И. Шайхуллина, Е.И. Кручинина, Я.И. Абрамов, А.А. Лабыкин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО УГЛТУ, RU. – № 2021127232, заявл. 16.09.2021 г. опубл. 21.03.2022 г. бюл. №10

71. Подольский, Вл.П. Экологические аспекты зимнего содержания дорог [Текст]: монография / Вл.П. Подольский, Т.В. Самодурова, Ю.В. Федорова. – Воронеж: ВГАСА, 2000. – 152 с.

72. Рекомендации по проектированию и применению снегозадерживающих устройств на автомобильных дорогах Государственной компании «Автодор». СТО АВТОДОР 2.23-2015. Утвержден приказом Государственной компании Российские автомобильные дороги от 19.11.2015 № 260 Автодор. М.: 2015. -24с.

73. Рекомендации по устройству и содержанию зимних автомобильных дорог на снеговом и ледяном покрове в условиях строительства БАМ. - М.: 1975. -84с.

74. Рихтер Г.Д. Снежный покров, его формирование и свойства / Г.Д. Рихтер. – М., 1945. – 76 с.

75. Руководство по эксплуатации гражданских аэродромов Российской Федерации (РЭГА РФ-94). Утверждено Приказом директора Департамента воздушного транспорта от 19.09.94 № ДВ-98. Вступило в силу 09/19/1998. Новосибирск: Изд-во НПФ "Бестек-воздух", 1999. - 232 с.

76. Руководство по эксплуатации электронного динамического плотномера грунта с легким падающим грузом ZORN ZFG 3.0 / Научно-производственное предприятие «АНАЛИТПРОМПРИБОР», 2011. – 29 с.

77. Савсюк, М.В. Устройство для оценки параметров лесного снежного покрова [Текст] / М.В. Савсюк, И.Н. Кручинин, С.И. Булдаков // Вестн. МГУЛ. Лесн. вестн. – 2007. – № 8. – С. 137-139.

78. Салминен Э. О. Транспорт леса: В 2 т. Т. 1 Сухопутный транспорт: учебник / Под ред. Салминена Э. О. (1-е изд.). – М.: Академия, 2009. – 368 с.

79. Смирнов М. Ю. Повышение эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами: научное издание / М. Ю. Смирнов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 280 с.

80. Снег: Справочник / Под ред. Д.М.Грея, Д.Х.Мэйла: пер.с английского под ред. В.М.Котлякова.-Л.: Гидрометеиздат, 1986.-751 с.

81. Снегоходные машины/ Л.В.Барахтанов, В.И.Ершов, А.П.Куляшов, С.В.Рукавишников . -Горький.: Волго-Вятское изд-во,1986. -191 с.

82. СП 243.1326000.2015 Проектирование и строительство автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения М.: ФАУ «РОСДОРНИИ». – 2015. – 116 с.

83. СП 288.1325800.2016 Дороги лесные. Правила проектирования и строительства (с Изменением N 1) Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017. – 114 с.

84. СП 313.1325800.2017 Дороги автомобильные в районах вечной мерзлоты. Правила проектирования и строительства. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

85. СП 318.1325800.2017 Дороги лесные. Правила эксплуатации. М.: ФАУ «ФЦС». – 2017. – 85 с.

86. СП 37.13330.2012 Промышленный транспорт. Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91*. М.: ФАУ «ФЦС». – 2012. –195 с.

87. СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85. * М.: ФАУ «ФЦС». – 2013. – 67 с.

88. Справочная энциклопедия дорожника. Т. III: Дорожно-строительные материалы / под ред. Быстрова Н.В. – М.: «Информавтодор», 2005. – 465 с.

89. Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 сентября 2018 г. № 1989-р.

90. Стратегия развития лесного фонда Свердловской области на период до 2035 года. Утверждена постановлением Правительства Свердловской области от 02.04.2020 № 205-ПП «Об утверждении Стратегии развития лесного фонда Свердловской области на период до 2035 года».

91. Сухопутный транспорт леса / В.И. Алябьев, Б.А. Ильин, Б.И. Кувалдин, Г.Ф. Грехов. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 416 с.

92. Шахов А.А. Жесткость снега [Текст] / А.А. Шахов // В кн.: сборник научно-исследовательских работ по аэродромному строительству. – М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1945. – Вып.11. – С.111-113.

93. Daisy Huang, Jonah H. Lee. Mechanical properties of snow using indentation tests: size effects *Journal of Glaciology*, Vol. 59, No. 213, 2013. – P. 35 – 46.

94. Edens, MQ and Brown, RL (1991) Changes in microstructure of snow under large deformations. *J. Glaciol.*, 37(126), 193–202 CrossRefGoogle Scholar

95. Environmentally Sensitive Maintenance Practices for Dirt and Gravel Roads/ United States Department of Agriculture. Forest Service. National Technology & Development Program.7700 -Transportation Management 1177 1802—SDTDC April 2012.-283 p

96. Johnson, JB and Hopkins, MA (2005) Identifying microstructural deformation mechanisms in snow using discrete-element modeling. *J. Glaciol.*, 51(173), 432–442 (doi: 10.3189/172756505781829188) CrossRefGoogle Scholar

97. Lee J (2011) An improved slip-based model for tire–snow interaction. *SAE Int. J. Mater. Manuf.*, 4(1), P.278 – 288.

98. MATLAB® & Simulink® Release Notes for R2008a.-URL: <http://www.mathworks.com>.

99. Özgan, E. et al. Multi-faceted investigation and modeling of compaction parameters for road construction / E. Özgan, S. Serin, İ. Vural // *Journal of Terramechanics*, August. –2015. – Volume 41. – Issue 4. / Electronic recourse / – mode access: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jterra.2015.02.005>.

100. Piegat A. Fuzzy Modeling and Control: with 96 tables/ Andrzej Piegat. – Heidelberg; New York: Physic-Verl, 2001. – 760 c.
101. Richmond, P. Wheels and tracks in snow: Second validation study of the CRREL shallow snow mobility model / P.W. Richmond, G.L. Blaisdell, C.E. Green //Electronic recourse/ – Electronic data. – Cold Regions Research and Engineering Laboratory, CRREL, 1997. – Report 90 - 13. – mode access: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a232866.pdf>.
102. RLW - 99 Richtlinien für den ländlichen Wegebau.- VSVI Seminar, 2010.- Linstow.-25 s.
103. Shoop, S. et al. Finite Element Modeling of Tires on Snow / S. Shoop, K. Kesler, R. Haehnel // Tire Science and Technology. TSTCA. – 2006. – V.34 (1). – P.2-37.
104. Snow Mechanics Review of the State of Knowledge and Applications / L.H. Shapiro, J.B. Johnson, M. Sturm, G.L. Blaisdell // Cold Regions Research and Engineering Laboratory, CRREL. – 1997. – Report 97-3. – 126 p.
105. Tan, J. Planning a forest road network by spatial data handling-network routing system / Ph.D. dissertation, Helsinki. – 1992. – 226 p.
106. Thompson, M. P. Contemporary Forest Road management with economic and environmental objectives / M.P. Thompson // PhD Dissertation, Oregon State University, Pro Quest Dissertations Publishing. – 2009. – 284 p.
107. Wasterlund, I. Extent and causes of site damage due to forestry traffic / I. Wasterlund // Scandinavian Journal of Forest Research. – 1992. – V. 7. – № 1. – P. 135–142.
108. Yong, R. Performance of snow under confined compression / R.N. Yong, M. Fukue // Journal of Terramechanics, April. –1977. – Volume 14 (1). – P.37–49.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Транспортная инфраструктура лесосырьевых баз Свердловской области в
течении зимнего периода года

Таблица А.1 – Транспортная инфраструктура региональной сети автомобильных
дорог Свердловской области (по данным ГКУ СО «УАД», по материалам данных
2022 г.)

Покрытие	Единицы измерения	Всего	в том числе		
			Федеральн ые	Территория льные	Лесные
Всего автомобильных дорог	км	21662,2	680,2	10465,1	10516,9
	%	100	3,1	48,3	48,6
Твердое покрытие	км	13017,8	680,2	9833,5	2504,1
	%	100	5,3	75,5	19,2
из них: облегченного типа	км	9189,9	679,7	7557,2	953
	%	100	7,4	82,2	10,4
Переходного типа	км	3828,4	0,5	2276,2	1551,7
	%	100	0,01	59,49	40,5
Временные (зимние)	км	8643,8	-	631,6	8012,2
	%	100	-	7,3	92,7

Таблица А.2 – Лесные дороги арендаторов, не включенные в дороги общего пользования по Свердловской области

Лесное предприятие	Лесная дорога	Вид дорожного покрытия	Протяженность, км
АО «Леспромхоз Карабашский»	Карабашка-Тавда	грунтовое улучшенное	12
АО ПО «Свердлес»	Колпаковка-Унь	гравийное	25
	Вогул-Козьял	грунтовое улучшенное	12
АО «Туринский ЦБЗ»	Липовка-Увельки	асфальтобетонное	7,5
АО «Тагиллес»	Синегорск-Дальний	грунтовое улучшенное	15
	Висимо-Утка-Таны	грунтовое улучшенное	8
АО «Оусский ЛПХ»	Оус-Ивдель	автозимник	60

Таблица А.3 – Обеспеченность временными лесотранспортными путями Свердловской области на период действия лесного плана с 2019 до 2028 годы

Номер строки	Наименование лесничества, лесопарка	Протяженность дорог (за 2019 год) (км)					Плотность дорог (за 2019 год) (км/тыс. га)	Протяженность на последний год периода действия лесного плана Свердловской области (2028 год) (км)					Плотность дорог на последний год периода действия лесного плана Свердловской области (2028 год) (км/тыс. га)
		железных	автомобильных			всего		железных	автомобильных			всего	
			с твердым покрытием	грунтовых					с твердым покрытием	грунтовых			
				Круглогодичного действия	ЗИМНИКИ					Круглогодичного действия	ЗИМНИКИ		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	Алапаевское	293	201	783	2056	3333	6,9	293	224	805	2081	3403	7,0
2.	Байкаловское	0	456	895	1216	2567	10,4	0	456	901	1231	2588	10,4
3.	Березовское	37	201	633	578	1449	10,4	37	238	665	578	1518	10,9
4.	Билимбаевское	218	342	282	1410	2252	9,4	218	342	282	1410	2252	9,4
5.	Верх-Исетское	18	75	122	0	215	16,2	18	75	122	0	215	16,2
6.	Верхотурское	115	215	339	666	1335	3,3	115	272	361	666	1414	3,5
7.	Гаринское	0	40	140	982	1162	0,7	0	40	160	992	1192	0,8
8.	Егоршинское	205	198	228	876	1507	9,5	205	198	241	876	1520	9,6

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
9.	Ивдельское	308	336	1661	6401	8706	3,5	308	336	1782	6401	8827	3,5
10.	Ирбитское	81	357	559	785	1782	7,2	81	436	574	785	1876	7,6
11.	Камышловское	72	243	242	1197	1754	10,0	72	249	254	1225	1800	10,2
12.	Карпинское	151	502	3049	2317	6019	6,8	151	545	3049	2317	6062	6,8
13.	Красноуфимское	101	152	404	2111	2768	6,5	101	183	422	2111	2817	6,6
14.	Кушвинское	229	396	1193	2341	4159	8,0	229	415	1231	2341	4216	8Д
15.	Невьянское	106	405	432	1289	2232	9,7	106	416	458	1302	2282	10,0
16.	Нижне-Сергинское	176	485	347	1956	2964	7,5	176	495	347	1956	2974	7,5
17.	Нижне-Тагильское	98	328	1142	1470	3038	5,4	98	328	1200	1470	3096	5,5
18.	Ново-Лялинское	52	173	1568	2120	3913	6,4	52	173	1568	2160	3953	6,5
19.	Режевское	36	198	127	526	887	7,2	36	205	127	593	961	7,7
20.	Свердловское	211	239	439	261	1150	8,3	211	239	439	261	1150	8,3
21.	Серовское	145	114	244	2119	2622	6Д	145	124	254	2119	2642	6,2
22.	Синячихинское	9	212	461	2600	3282	6,8	9	212	461	2600	3282	6,8
23.	Сотринское	190	238	178	3487	4093	5,3	190	238	178	3487	4093	5,3
24.	Суходожское	173	333	527	543	1576	7,6	173	349	527	543	1592	7,6

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
25.	Сысертское	93	351	621	1412	2477	9,1	93	351	621	1412	2477	9,1
26.	Таборинское	0	275	246	777	1298	1,2	0	275	320	777	1372	1,3
27.	Тавдинское	132	171	1026	1437	2766	4,9	132	171	1026	1471	2800	5,0
28.	Талицкое	49	298	1254	339	1940	8,3	49	298	1254	339	1940	8,3
29.	Тугулымское	102	244	442	590	1378	6,0	102	254	442	602	1400	6,1
30.	Туринское	79	254	133	647	1113	2,6	79	254	200	655	1188	2,8
31.	Шалинское	179	329	632	2604	3744	8,2	179	329	632	2604	3744	8,2
32.	Всего	3658	8361	20 349	47 113	79 481	5,2	3658	8720	20 903	47 365	80 646	5,3

Таблица А.4 – План развития транспортной инфраструктуры лесов при освоении лесосырьевых баз Свердловской области на период 2017-2027 гг.)

Наименование объектов лесной и лесоперерабатывающей инфраструктуры	Наименование лесничества (лесопарка)	Ед. изм.	Объемы по годам											Общий объем на планируемый период
			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	
Строительство и ремонт дорог														
Строительство автомобильных (лесных) дорог и мостовых переходов (км)	По всем лесничествам	км	24.6	25.1	25.5	25.8	23	24.8	24.8	27	65			241
Реконструкция автомобильных (лесных) дорог, (км)	По всем лесничествам	км							332.2	332.2	332.2	332.2	332.2	1661
Ремонт автомобильных (лесных) дорог, (км)	По всем лесничествам	км	106.4	107	103.5	104.8	105	98.5	98.5	79				696

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Таблица Б.1 – Программа исследований транспортно-эксплуатационных показателей снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог

№ серии	Тип снежной поверхности	№ серии	Тип снежной поверхности
1.1.	СВ – 5 см – 0,2 г/см ³ – при -5°С	7.1.	УП – 5 см – 0,55 г/см ³ – при -15°С
1.2.	СВ – 10 см – 0,2 г/см ³ – при -5°С	7.2.	УП – 10 см – 0,55 г/см ³ – при -15°С
1.3.	СВ – 15 см – 0,2 г/см ³ – при -5°С	7.3.	УП – 15 см – 0,55г/см ³ – при -15°С
1.4.	СВ – 20 см – 0,2 г/см ³ – при -5°С	7.4.	УП – 20 см – 0,55 г/см ³ – при -15°С
1.5.	СВ – 25 см – 0,2 г/см ³ – при -5°С	7.5.	УП – 25 см – 0,55 г/см ³ – при -15°С
2.1.	РО – 5 см – 0,26 г/см ³ – при -5°С	8.1.	УП – 5 см – 0,60 г/см ³ – при 0°С
2.2.	РО – 10 см – 0,26 г/см ³ – при -5°С	8.2.	УП – 10 см – 0,60 г/см ³ – при 0°С
2.3.	РО – 15 см – 0,26 г/см ³ – при -5°С	8.3.	УП – 15 см – 0,60г/см ³ – при 0°С
2.4.	РО – 20 см – 0,26 г/см ³ – при -5°С	8.4.	УП – 20 см – 0,60 г/см ³ – при 0°С
2.5.	РО – 25 см – 0,26 г/см ³ – при -5°С	8.5.	УП – 25 см – 0,60 г/см ³ – при 0°С
3.1.	РО – 5 см – 0,28 г/см ³ – при -15°С	9.1.	УП – 5 см – 0,65 г/см ³ – при -5°С
3.2.	РО – 10 см – 0,28 г/см ³ – при -15°С	9.2.	УП – 10 см – 0,65 г/см ³ – при -5°С
3.3.	РО – 15 см – 0,28 г/см ³ – при -15°С	9.3.	УП – 15 см – 0,65/см ³ – при -5°С
3.4.	РО – 20 см – 0,28 г/см ³ – при -15°С	9.4.	УП – 20 см – 0,65 г/см ³ – при -5°С
3.5.	РО – 25 см – 0,28 г/см ³ – при -15°С	9.5.	УП – 25 см – 0,65 г/см ³ – при -5°С
4.1.	УС – 5 см – 0,32 г/см ³ – при -5°С	10.1.	УП – 5 см – 0,55 г/см ³ – при 0°С
4.2.	УС – 10 см – 0,32 г/см ³ – при -5°С	10.2.	УП – 10 см – 0,55 г/см ³ – при 0°С
4.3.	УС – 15 см – 0,32 г/см ³ – при -5°С	10.3.	УП – 15 см – 0,55г/см ³ – при 0°С
4.4.	УС – 20 см – 0,32 г/см ³ – при -5°С	10.4.	УП – 20 см – 0,55 г/см ³ – при 0°С
4.5.	УС – 25 см – 0,32 г/см ³ – при -5°С	10.5.	УП – 25 см – 0,55 г/см ³ – при 0°С
5.1.	УС – 5 см – 0,40 г/см ³ – при -15°С	11.1.	СН – 5 см – 0,70 г/см ³ – при -5°С
5.2.	УС – 10 см – 0,40 г/см ³ – при -15°С	11.2.	СН – 10 см – 0,70 г/см ³ – при -5°С

Продолжение таблицы Б.1

№ серии	Тип снежной поверхности	№ серии	Тип снежной поверхности
5.3.	УС – 15 см – 0,40 г/см ³ – при -15°С	11.3	СН– 15 см – 0,70 г/см ³ – при -5°С
5.4.	УС – 20 см – 0,40 г/см ³ – при -15°С	11.4	СН – 20 см – 0,70 г/см ³ – при -5°С
5.5.	УС – 25 см – 0,40 г/см ³ – при -15°С	11.5	СН – 25 см – 0,70 г/см ³ – при -5°С
6.1.	УП – 5 см – 0,50 г/см ³ – при -5°С	12.1	СН – 5 см – 0,76 г/см ³ – при -15°С
6.2.	УП – 10 см – 0,50 г/см ³ – при -5°С	12.2	СН – 10 см – 0,76 г/см ³ – при -15°С
6.3.	УП – 15 см – 0,50г/см ³ – при -5°С	12.3	СН– 15 см – 0,76 г/см ³ – при -15°С
6.4.	УП – 20 см – 0,50 г/см ³ – при -5°С	12.4	СН – 20 см – 0,76 г/см ³ – при -15°С
6.5.	УП – 25 см – 0,50 г/см ³ – при -5°С	12.5	СН – 25 см – 0,76 г/см ³ – при -15°С

Условные обозначения: СВ – снег свежеснеживший; РО – снег рыхлый обвалованный; УС – снег уплотненный, слежавшийся; УП – уплотненный снежный покров; СН – снежный накат.

Таблица Б.2 – Параметры обучающих выборок нейросети для оценки транспортно-эксплуатационного состояния снежного покрытия зимних лесных дорог по модулю динамического прогиба снежной поверхности

п/п	Толщина снежного покрова, см	Температура, °С	Плотность снежного покрова, г/см ³	Модуль динамического прогиба снежной поверхности, МПа	п/п	Толщина снежного покрова, см	Температура, °С	Плотность снежного покрова, г/см ³	Модуль динамического прогиба снежной поверхности, МПа
1	5,0	– 5	0,01	37,3	23	5,0	0	0,65	189,2
2	5,0	– 15	0,01	38,0	24	5,0	– 5	0,65	182,1
3	10,0	– 5	0,02	21,1	25	5,0	– 15	0,65	199,2
4	10,0	– 15	0,02	23,2	26	10,0	0	0,60	156,8
5	15,0	– 5	0,10	13,2	27	10,0	– 5	0,60	168,9
6	15,0	– 15	0,10	14,1	28	10,0	– 15	0,60	178,2
7	25,0	– 5	0,21	3,4	29	15,0	0	0,55	123,5
8	25,0	– 15	0,21	4,2	30	15,0	– 5	0,55	137,3
9	5,0	– 5	0,26	16,9	31	15,0	– 15	0,55	141,8
10	5,0	– 15	0,26	18,2	32	25,0	0	0,50	108,2
11	10,0	– 5	0,27	14,6	33	25,0	– 5	0,50	110,2
12	10,0	– 15	0,27	15,3	34	25,0	– 15	0,50	127,4
13	15,0	– 5	0,28	8,7	35	5,0	0	0,76	168,6
14	15,0	– 15	0,28	9,1	36	5,0	– 5	0,76	188,9
15	25,0	– 5	0,26	6,6	37	5,0	– 15	0,76	202,5

Продолжение таблицы Б.2

16	25,0	- 15	0,26	8,4	38	10,0	0	0,72	142,1
17	15,0	0	0,32	12,8	39	10,0	- 5	0,72	156,7
18	15,0	- 5	0,32	15,6	40	10,0	- 15	0,72	178,5
19	8,4	- 15	0,32	21,3	41	15,0	0	0,73	112,5
20	25,0	0	0,32	14,5	42	15,0	- 5	0,73	131,2
21	25,0	- 5	0,32	12,3	43	15,0	- 15	0,73	128,9
22	25,0	- 15	0,32	18,7	44	25,0	0	0,70	198,9

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Методика В.1.

Методика определения минимально необходимого числа опытов по оценке транспортно-эксплуатационного состояния снежного покрытия зимних лесных дорог по модулю динамического прогиба снежной поверхности. Обоснование достоверности результатов экспериментов

Необходимое количество опытов рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{m \cdot W^2 \cdot K_w^2}{\varepsilon^2 \cdot \bar{\sigma}^2} \cdot \left(1 \pm \frac{1}{\sqrt{2m}} \right)^2, \quad (\text{В.1})$$

где m – количество предварительных опытов,

W – размах ряда, равный $\sigma_{max} - \sigma_{min}$, МПа,

K_w – безразмерный коэффициент, зависящий от надежности и количества опытов (для $P=0,95$ и $n=3$ равный 1,48),

$\bar{\sigma}$ – среднеарифметическое значение величины динамического модуля упругости, МПа.

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{m} \sum_i^m \sigma_i \quad (\text{В.2})$$

Результаты расчета сведены в таблицу В.1

Таблица В.1 – Определение модуля динамического прогиба снежной поверхности

№ п/п	Наименование	σ_i	$\bar{\sigma}$	W	K_w	n
1	Модуль динамического прогиба снежной поверхности, МПа	141,8	135,4	91,2	1,48	2±1
		127,2				
		137,3				

Для получения достоверных данных, как показали расчеты, в каждой серии каждый опыт необходимо проводить в 3-кратным повтором.

Нормативное значение X_n всех физических (плотности, жесткости и т. п.) и механических характеристик снега (динамического модуля упругости) принимают равным среднеарифметическому значению \bar{X} и вычисляют по формуле:

$$X_n = \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (B.3)$$

где n – число определений характеристики;

X_i – частные значения характеристики, получаемые по результатам отдельных i -х опытов.

При статистической проверке для исключения возможных ошибок, оставшихся после анализа опытных данных, исключают то частичное (максимальное или минимальное) значение X_i , для которого выполняется условие

$$|X_n - X_i| > vS, \quad (B.4)$$

где v – статистический критерий, принимаемый в зависимости от числа определений n характеристики;

S – среднеквадратическое отклонение характеристики, вычисляемое по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_n - X_i)^2} \quad (B.5)$$

Если какое-либо значение характеристики исключено, следует для оставшихся опытных данных заново вычислить X_n по формуле (B.3) и S по формуле (B.5).

Вычисляют коэффициент вариации V характеристики и показатель точности ее среднего значения ρ_α по формулам:

$$V = \frac{S}{X_n}, \quad (B.6)$$

$$\rho_{\alpha} = \frac{t_{\alpha}V}{\sqrt{n}}, \quad (\text{B.7})$$

где t_{α} – коэффициент, принимаемый в зависимости от заданной односторонней доверительной вероятности α и числа степеней свободы $K = n - 1$.

Вычисляют коэффициент надежности γ_g по формуле

$$\gamma_g = \frac{1}{1 \pm \rho_{\alpha}}. \quad (\text{B.8})$$

Вычисляют расчетное значение X характеристики снега по формуле

$$X = \frac{X_n}{\gamma_g} \quad (\text{B.9})$$

Необходимое количество измерений, с доверительной вероятностью $P=0,95$, при погрешности $\varepsilon=0,1$ должно быть не менее 121 единиц измерений.

Инструкция по работе с прибором ZFG-3000-10 GPS.

1. Для подготовки к испытанию необходимо уложить нагрузочную плиту на подлежащую испытанию снежную поверхность, сдвигая или вращая плиту до тех пор, пока она не займет правильную позицию; 2. Далее динамометр и нагрузочная плита соединяется между собой с помощью кабеля, вставив оба его конца в соответствующие разъёмы на устройствах; 3. Падающий груз устанавливается на нагрузочную плиту. После этого необходимо отключить защитный предохранитель, потянув ручку предохранителя наружу.

Начало измерения. 1. Включаем прибор; 2. Для того, чтобы начать измерение нажимаем клавишу «ОК». На дисплее должно появиться текущие настройки измерения (диаметр нагрузочной плиты и масса падающего груза); 3. Далее на экране появится сообщение о сбрасывании груза. Кроме этого, должен прозвучать звуковой сигнал, сигнализирующий готовность аппарата.; 4. Дальше необходимо поднять падающий груз до упора вверх и защелкнуть в устройстве захвата; 5. После того как направляющая штанга установлена полностью вертикально, необходимо отцепить падающий груз (нажав на ручку устройства захвата). После удачно проведенного 1-го измерения на дисплее должно появиться значение усадки (s_1); 6. Затем закрепляем груз заново в устройстве захвата и ждем звукового сигнала, который указывает на готовность аппарата. Выполнить сбрасывание 2-ой раз, на дисплее должно появиться значение усадки (s_2); 7. Повторяем процедуру 3-ий раз, на дисплее должно появиться значение усадки (s_3); 8. После чего на дисплее выводятся три значения осадки снежной поверхности. Система должна подтвердить завершение испытаний – двойным сигнальным гудком. Результаты испытаний автоматически записываются на карту памяти.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г



а



б



в



г

а, б – уплотненное снежное покрытие; в – снег рыхлый, обвалованный; г – измерение плотности снежного покрытия методом режущего кольца

Рисунок Г.1 – Измерение физико-механических свойств снежного покрытия лесных дорог с использованием динамического плотномера ZFG-3000-10 GPS и режущего кольца

Таблица Г.1 - Транспортно-эксплуатационные показатели уплотненного снежного покрытия зимних лесных дорог. Территория Карпинского ЛПК, Серовского района, Свердловской области. Широта 58°53'41"N (58.894745) Долгота 59°37'59"E (59.632972). Состав насаждения 7С2Б1Ос. Месяц наблюдения - декабрь 2022 г.

Глубина снежного покрытия, см	Послойная плотность снежного покрытия, $\rho_{сн.}$, г/см ³	Средняя плотность снега, $\rho_{ср}$, г/см ³	Температура воздуха, $t_{окр.воз.}$, 0 С	Температура снега, $t_{сн}$, 0 С
0-10	0,16			- 2
10-20	0,24			- 2
20-30	0,34	0,24	-3	- 1
30-40	0,22			- 1

Таблица Г.2 - Транспортно-эксплуатационные показатели уплотненного снежного покрытия зимних лесных дорог. Территория ОАО «Кыновской леспромхоз», Пермский край. Широта 56°37'41"N (56.628117). Долгота 59°31'21"E (59.522484). Состав насаждения 8Е1С1Б Месяц наблюдения - январь 2023 г.

Глубина снежного покрытия, см	Послойная плотность снежного покрытия, $\rho_{сн.}$, г/см ³	Средняя плотность снега, $\rho_{ср}$, г/см ³	Температура воздуха, $t_{окр.воз.}$, 0 С	Температура снега, $t_{сн}$, 0 С
0-10	0,26			- 5
10-20	0,33			- 4
20-30	0,28	0,30	-6	- 2
30-40	0,32			- 1

Таблица Г.3 - Транспортно-эксплуатационные показатели уплотненного снежного покрытия зимних лесных дорог. Территория Урал-Карбон «Северка». Уральский учебно- опытный лесхоз УГЛТУ, г. Екатеринбург, Свердловская область. Широта 56°53'34"N (56.892657) Долгота 60°17'14"E (60.28732). Состав насаждения 6СЗБ1Ос. Месяц наблюдения, февраль 2023 г.

Глубина снежного покрова, см	Послойная плотность снежного покрова, рсн., г/см ³	Средняя плотность снега, рср, г/см ³	Температура воздуха, токр.воз., 0 С	Температура снега, тсн, 0 С
0-10	0,16			- 11
10-20	0,24			- 9
20-30	0,24	0,23	-12	- 8
30-40	0,28			- 4

Таблица Г.3 – Физико-механические показатели снежных поверхностей для II категории лесосырьевых баз дорожно-климатической зоны Уральского региона

Тип снежной поверхности	Показатели снежной поверхности				
	Толщина снежного покрова, см	Динамический модуль упругости, МПа			Плотность, г/см ³
		При – 15 °С	При – 5 °С	При 0°С	
Свежевыпавший	5,0	38,0	37,3	-	0,01
	10,0	23,2	21,1	-	0,02
	15,0	14,1	13,2	-	0,10
	25,0	4,2	3,4	-	0,21
Рыхлый, обвалованный	5,0	18,2	16,9	-	0,26
	10,0	15,3	14,6	-	0,27
	15,0	9,1	8,7	-	0,28
	25,0	8,4	6,6	-	0,26

Продолжение таблицы Г.3

Уплотненный, слежавшийся	5,0	-	-	-	0,41
	10,0	-	--	-	0,40
	15,0	21,3	15,6	12,8	0,32
	25,0	18,7	12,3	14,5	0,32
Уплотненный снежный покров	5,0	199,2	182,1	189,2	0,65
	10,0	178,2	168,9	156,8	0,60
	15,0	141,8	137,3	123,5	0,55
	25,0	127,4	110,2	108,2	0,50
Снежный накат	5,0	202,5	188,9	168,6	0,76
	10,0	178,5	156,7	142,1	0,72
	15,0	128,9	131,2	112,5	0,73
	25,0	128,6	118,3	198,9	0,70

Таблица Г.4 – Протокол результатов испытаний уплотненного снежного покрытия зимних лесных дорог

№	Шифр испытания	2.5 /12.2022	7.3 / 01.2023	11.1 / 02.2023
	Наименование пробы	снег рыхлый обвалованный	Уплотненное снежное покрытие	Снежный накат
1	2	3	4	5
1	Толщина снежного покрова, см	25	15	5
2	Плотность верхнего слоя , г/см ³	0,25	0,56	0,70
3	Средняя плотность, г/см ³	0,26	0,55	0,72
4	Температура, 0С	- 5	- 15	- 5
5	Твердость снежного покрытия , МПа.	5,6	12,1	21,4
6	Модуль динамического прогиба снежной поверхности, МПа	6,6	141,8	131,2

Таблица Г.5 – План и результаты эксперимента по оценке модуля динамического прогиба снежного покрытия

№п/п	Управляющие факторы						Управляемый параметр			уср	S_i^2	уср	(уср-уср.ср) ²
	Натуральные значения			Нормализованные значения			1	2	3				
	Нсн	Рсн	Т	х1	х2	х3							
1	10	0,35	15	-1	-1	-1	11,80	11,70	11,80	11,77	0,0033333	35,0158	540,523
2	20	0,35	15	1	-1	-1	16,40	16,50	16,60	16,50	0,0100000	32,6704	261,482
3	10	0,65	15	-1	1	-1	178,80	178,90	178,80	178,83	0,0033333	170,0182	77,707
4	20	0,65	15	1	1	-1	138,40	138,60	138,50	138,50	0,0100000	128,9325	91,538
5	10	0,35	5	-1	-1	1	16,70	16,80	16,90	16,80	0,0100000	42,4007	655,396
6	20	0,35	5	1	-1	1	12,30	12,50	12,40	12,40	0,0100000	37,2483	617,438
7	10	0,65	5	-1	1	1	176,30	176,15	176,45	176,30	0,0225000	176,1628	0,019
8	20	0,65	5	1	1	1	139,50	139,46	139,50	139,49	0,0006310	132,2700	52,071
9	5	0,5	10	-1,682	0	0	164,60	164,50	164,68	164,59	0,0079613	148,7383	251,362
10	25	0,5	10	1,682	0	0	116,30	116,50	116,40	116,40	0,0100000	109,8520	42,877
11	15	0,2	10	0	-1,682	0	4,70	4,75	4,78	4,74	0,0016333	-40,8725	2080,807
12	15	0,8	10	0	1,682	0	129,40	129,43	129,48	129,44	0,0016333	152,5777	535,509
13	15	0,5	0	0	0	-1,682	105,30	105,42	105,23	105,32	0,0088920	100,6644	21,656
14	15	0,5	20	0	0	1,682	127,40	127,46	127,49	127,45	0,0021070	109,6820	315,666
15	15	0,5	10	0	0	0	136,40	136,48	136,43	136,44	0,0016333	137,0693	0,400
16	15	0,5	10	0	0	0	136,40	136,39	136,50	136,43	0,0038653	137,0693	0,410
17	15	0,5	10	0	0	0	136,40	136,40	136,42	136,41	0,0001403	137,0693	0,438
18	15	0,5	10	0	0	0	136,40	136,48	136,41	136,43	0,0018253	137,0693	0,407
19	15	0,5	10	0	0	0	136,40	136,41	136,41	136,41	0,0000360	137,0693	0,440
20	15	0,5	10	0	0	0	136,40	136,46	136,41	136,42	0,0009453	137,0693	0,421
–	–	–	–	–	–	–	–	ИТОГО:		2157,056	0,1020247	1335,361	5544,049

Таблица Г.6 – Участок № 7.3 / 01.2023. Ведомость испытаний снежного покрытия (Уплотненное снежное покрытие) электронным динамическим плотномером ZFG-3000-10 GPS

Номер измерения	Показания прибора, МПа		Толщина снежного покрытия, см
	Модуль динамического прогиба снежной поверхности, EVD, MN/m ² (МПа)	Показания прибора, МПа	
1	≥ 130	132,1	15
2	≥ 130	129,3	18
3	≥ 130	141,1	21
4	≥ 130	131,1	16
5	≥ 130	117,2	6
6	≥ 130	142,1	25
7	≥ 130	128,9	12
8	≥ 130	112,5	14
Технологический перерыв 6 часов			
9	≥ 130	137,2	15
10	≥ 130	154,6	18
11	≥ 130	151,3	21
12	≥ 130	133,8	16
13	≥ 130	127,6	6
14	≥ 130	141,5	25
15	≥ 130	131,8	12
16	≥ 130	112,9	14
Технологический перерыв 24 часа			
17	≥ 130	137,2	15
18	≥ 130	199,2	18
19	≥ 130	178,2	21

Продолжение таблицы Г.6

Номер измерения	Показания прибора, МПа		Толщина снежного покрытия, см
	Модуль динамического прогиба снежной поверхности, EVD, MN/m ² (МПа)	Показания прибора, МПа	
20	≥ 130	141,8	16
21	≥ 130	127,4	6
22	≥ 130	195, 1	25
23	≥ 130	134,7	12
24	≥ 130	122,9	14

Таблица Г.7 – Участок № 11.1 / 02.2023. Ведомость испытаний снежного покрытия (Снежный накат) электронным динамическим плотномером ZFG-3000-10 GPS

Номер измерения	Показания прибора, МПа		Толщина снежного покрытия
	Модуль динамического прогиба снежной поверхности, EVD, MN/m ² (МПа)	Показания прибора, МПа	
1	≥ 150	178,5	16
2	≥ 150	148,9	25
3	≥ 150	156,6	18
4	≥ 150	178,5	16
5	≥ 150	158,9	18
6	≥ 150	168,6	21
7	≥ 150	178,5	20
8	≥ 150	148,9	25

Таблица Г.8 – Участок №2.5 /12.2022. Ведомость испытаний снежного покрытия (снег рыхлый обвалованный) электронным динамическим плотномером ZFG-3000-10 GPS

Номер измерения	Показания прибора, МПа		Толщина снежного покрытия, см
	Модуль динамического прогиба снежной поверхности, EVD, MN/m ² (МПа)	Показания прибора, МПа	
1	≥ 80	18,2	12
2	≥ 80	19,2	16
3	≥ 80	21,3	15
4	≥ 80	22,3	17
5	≥ 80	23,8	14
6	≥ 80	24,0	13
7	≥ 80	24,2	17
8	≥ 80	24,8	21

Таблица Г.9. Требования технологического контроля к уплотнённым снежным дорожным покрытиям лесных дорог

п/п	Транспортно-эксплуатационный показатель	Тип снежного покрытия	Толщина снежного покрытия, см	модуль динамического прогиба снежного покрытия, МПа		
				При 0°С	При – 5 °С	При – 15 °С
1	Прочность снежного дорожного покрытия лесной дороги	Рыхлый, обвалованный	5,0	50-60	60-70	80-90
			10,0	25-35	40-50	10-50
			15,0	15-25	20-30	20-30
			25,0	15-25	10-20	25-25
2	Прочность снежного дорожного покрытия лесной дороги	Уплотненный, слежавшийся	5,0	120-130	130-140	130-140
			10,0	125-135	120-130	102-130
			15,0	130-140	130-140	140-150
			25,0	110-120	110-120	120-130

Продолжение таблицы Г.9.

2	Прочность снежного дорожного покрытия лесной дороги	Уплотненный снежный покров	5,0	180- 190	180- 190	190- 200
			10,0	150- 160	110- 120	165- 175
			15,0	170- 180	130- 140	120- 130
			25,0	190- 200	150- 160	130- 140

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица Д.1 – Схема технологического контроля качества работ при строительстве уплотненного снежного покрытия зимних лесных дорог

Основные операции, подлежащие контролю	Состав контроля	Метод и средства контроля	Режим и объем контроля	Лицо, осуществляющее контроль	Предельные отклонения от норм контролируемых параметров	Где регистрируются результаты контроля
1	2	3	4	5	6	7
Устройство грунтового основания	Соблюдение технологических режимов 1. Ширина, толщина основания, (в разрыхленном и уплотненном состоянии)	Визуальный	Постоянно	Арендатор	Отклонение по ширине ± 15 см, по высоте ± 15 мм	Общий журнал работ
		Инструментальный Рулетка измерительная, линейка металлическая	Не реже, чем через 500 м	Арендатор		Общий журнал работ
Накопление твердых снежных осадков	Соблюдение технологических режимов	Визуальный	Постоянно	Арендатор	Согласно технологического регламента	Общий журнал работ
		линейка металлическая	– // –	– // –		– // –
		Инструментальный Термометр,	Не реже одного раза в смену	Лаборант		Согласно технологического регламента
Послойное разравнивание слоя снега Обжимка снега гладилками	Ровность	Трехметровая рейка,	– // –	Арендатор	Не более ± 20 мм	Общий журнал работ
		Визуальный	Постоянно	Арендатор		Общий журнал работ

Продолжение таблицы Д.1

Уплотнение снежного слоя	Прочность при нагрузении	Инструмент альный Динамическ ий плотномер	Не реже одного раза в смену	Лаборант	Не менее проектного динамического модуля упругости	Журнал контроля
Технологичес кий перерыв	Погодные условия	Инструмент альный Термометр, секундомер	Не реже одного раза в смену	Лаборант	Не менее проектного динамического модуля упругости	Журнал контроля
Планировка дорожного покрытия автогрейдеро м	Ровность	Трехметрова я рейка,	– // –	Арендато р	Не более ± 10 мм	Общий журнал работ

Таблица Д.2 – Протокол испытаний снежного уплотненного дорожного покрытия при технологическом контроле строительства зимней лесной

Measurement protocol Statistical overview								
Determination of the dynamic deflection modulus in compliance with Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau TP BF-StB Teil B 8.3 (2012) Richtwerte nach ZTV E-StB 17 Abs. 14.3.5 Richtwerte nach ZTV E-StB 17 Abs. 4.5.2								
Project title:								
Contractor/Service provider:	Client/Contracting entity:							
1								
Name of inspector/auditor:	Soil layer thickness:							
Measuring device type: ZFG 3.1/ZFG 3.0	Soil classification:							
Manufacturer: Zorn Instruments GmbH & Co. KG	Weather conditions:							
Device serial number: 7349								
Measuring type: 300 mm 10 kg								
Overview								
Running no.	Measurement time	Evd [MN/m ²]	D1 [mm/s]	D2 [mm/s]	D3 [mm/s]	DØ [mm/s]	s/v [ms]	GPS GNSS
1	2023.03.15, 09:33	189.08	0.11	0.123	0.123	0.118	2.755	
2	2023.03.15, 09:43	1071.43	0.014	0.014	0.034	0.020	1.243	
3	2023.03.15, 10:02	202.70	0.114	0.106	0.115	0.111	2.618	
4	2023.03.15, 10:12	53.83	0.674	0.241	0.339	0.418	5.218	
5	2023.03.15, 10:25	105.63	0.228	0.203	0.207	0.212	2.418	
6	2023.03.15, 10:43	1607.14	0.014	0.009	0.018	0.013	0.676	
7	2023.03.15, 10:48	247.25	0.092	0.092	0.089	0.091	2.653	
Meas. Comment								

Place, date

Signature, Company stamp



Таблица Д.3 – Планово-расчетные цены на строительство уплотненных снежно-ледяных дорожных покрытий зимних лесных дорог

											Приложение № 2
											Утверждено приказом № 421 от 4 августа 2020 г. Министра РФ в редакции приказа № 557 от 7 июля 2022 г.
СОГЛАСОВАНО:						УТВЕРЖДАЮ:					
" " 2023 года											" " 2023 года
Наименование программного продукта						ГРАНД-Смета, версия 2023.2					
Наименование редакции сметных нормативов						Приказ Министра России от 26.12.2019 № 876/п; Приказ Министра России от 04.08.2020 № 421/п; Приказ Министра России от 21.12.2020 № 812/п; Приказ Министра России от 11.12.2020 № 774/п					
Реквизиты приказа Министра России об утверждении дополнений и изменений к сметным нормативам						Приказ Министра России от 30 марта 2020 г. № 172/п, Приказ Министра России от 01 июня 2020 г. № 294/п, Приказ Министра России от 30 июня 2020 г. № 352/п, Приказ Министра России от 20 октября 2020 г. № 636/п, Приказ Министра России от 09 февраля 2021 г. № 51/п, Приказ Министра России от 24 мая 2021 г. № 321/п, Приказ Министра России от 24 июня 2021 г. № 408/п, Приказ Министра России от 14 октября 2021 г. № 746/п, Приказ Министра России от 20 декабря 2021 г. № 962/п; Приказ Министра России от 07.07.2022 № 557/п; Приказ Министра России от 02.09.2021 № 636/п, Приказ Министра России от 26.07.2022 № 611/п; Приказ Министра России от 22.04.2022 № 317/п					
Реквизиты письма Министра России об индексах изменения сметной стоимости строительства, включаемые в федеральный реестр сметных нормативов и размещаемые в федеральной государственной информационной системе ценообразования в строительстве, подготовленного в соответствии с пунктом 85 Методики расчета индексов изменения сметной стоимости строительства, утвержденной приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 5 июня 2019 г. № 326/п											
Реквизиты нормативного правового акта об утверждении оплаты труда, утверждаемый в соответствии с пунктом 22(1) Правилами мониторинга цен, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2016 г. № 1452											
Наименование субъекта Российской Федерации											
Наименование зоны субъекта Российской Федерации											
(наименование стройки)											
(наименование объекта капитального строительства)											
ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ (СМЕТА) №											
Строительство уплотненных снежно-ледяных дорожных покрытий зимних лесных дорог											
(наименование работ и затрат)											
Составлен	базисно-индексным		методом								
Основание	(проектная и (или) иная техническая документация)										
Составлен(а) в текущем (базисном) уровне цен	2 квартал 2023 г.										
Сметная стоимость	0,20	(0,01)	тыс.руб.								
в том числе:											
строительных работ	0,16	(0,01)	тыс.руб.		Средства на оплату труда рабочих		(0) тыс.руб.				
монтажных работ	0,00	(0)	тыс.руб.		Нормативные затраты труда рабочих		0,02 чел.час.				
оборудования	0,00	(0)	тыс.руб.		Нормативные затраты труда машинистов		0,02 чел.час.				
прочих затрат	0,00	(0)	тыс.руб.								
№ п/п	Обоснование	Наименование работ и затрат	Единица измерения	Количество			Сметная стоимость в базисном уровне цен (в текущем уровне цен (гр. 8) для ресурсов, отсутствующих в ФРСН), руб.			Индексы	Сметная стоимость в текущем уровне цен, руб.
				на единицу	коэффициенты	всего с учетом коэффициентов	на единицу	коэффициенты	всего		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раздел 1. Новый раздел											
1	ФЕР27-04-001-01	Устройство подстилающих и выравнивающих слоев оснований: из песка	100 м3	0,001	1	0,001					
		1 ОТ					115,49		0,12		
		2 ЭМ					3 262,79		3,26		
		3 в т.ч. ОТм					171,22		0,17		
		4 М					12,20		0,01		
		ЗТ	чел.-ч	14,4		0,0144					
		ЗТм	чел.-ч	13,88		0,01388					
		Итого по расценке					3 390,48		3,39		
		ФОТ							0,29		
	Пр/812-021.0-1	НР Автомобильные дороги	%	147		147			0,43		
	Пр/774-021.0	СП Автомобильные дороги	%	134		134			0,39		
		Всего по позиции							4,21		
2	ФССЦ-02.3.01.02-0016	Песок природный для строительных работ средний с крупностью зерен размером свыше 5 мм-до 5% по массе (Автомобильные дороги)	м3	0,11	1	0,11	55,26		6,08		
		Всего по позиции							6,08		
3	ФЕР01-02-001-01	Устройство оснований снега однослойных катками на пневмоколесном ходу 25 т на первый проход по одному следу при толщине слоя: 25 см Объем=0,25 / 1000	1000 м3	0,00025	1	0,00025					
		2 ЭМ					1 299,08		0,32		
		3 в т.ч. ОТм					212,78		0,05		
		ЗТм	чел.-ч	15,67		0,0039175					
		Итого по расценке					1 299,08		0,32		
		ФОТ							0,05		
	Пр/812-001.1-1	НР Земляные работы, выполняемые механизированным способом	%	92		92			0,05		
	Пр/774-001.1	СП Земляные работы, выполняемые механизированным способом	%	46		46			0,02		
		Всего по позиции							0,39		

Таблица Д.4– Планово-расчетные цены на строительство уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог

											Приложение № 2	
											Утверждено приказом № 421 от 4 августа 2020 г. Министра РФ в редакции приказа № 557 от 7 июля 2022 г.	
СОГЛАСОВАНО:						УТВЕРЖДАЮ:						
" " 2023 года											" " 2023 года	
Наименование программного продукта						ГРАНД-Смета, версия 2023.2						
Наименование редакции сметных нормативов						Приказ Министра России от 26.12.2019 № 876/п; Приказ Министра России от 04.08.2020 № 421/п; Приказ Министра России от 21.12.2020 № 812/п; Приказ Министра России от 11.12.2020 № 774/п						
Реквизиты приказа Министра России об утверждении дополнений и изменений к сметным нормативам						Приказ Министра России от 30 марта 2020 г. № 172/п; Приказ Министра России от 01 июня 2020 г. № 294/п; Приказ Министра России от 30 июня 2020 г. № 352/п; Приказ Министра России от 20 октября 2020 г. № 636/п; Приказ Министра России от 09 февраля 2021 г. № 51/п; Приказ Министра России от 24 мая 2021 г. № 321/п; Приказ Министра России от 24 июня 2021 г. № 408/п; Приказ Министра России от 14 октября 2021 г. № 746/п; Приказ Министра России от 20 декабря 2021 г. № 962/п; Приказ Министра России от 07.07.2022 № 557/п; Приказ Министра России от 02.09.2021 № 636/п; Приказ Министра России от 26.07.2022 № 611/п; Приказ Министра России от 22.04.2022 № 317/п						
Реквизиты письма Министра России об индексах изменения сметной стоимости строительства, включаемые в федеральный реестр сметных нормативов и размещаемые в федеральной государственной информационной системе ценообразования в строительстве, подготовленного в соответствии с пунктом 85 Методики расчета индексов изменения сметной стоимости строительства, утвержденной приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 5 июня 2019 г. № 326/п*												
Реквизиты нормативного правового акта об утверждении оплаты труда, утверждаемый в соответствии с пунктом 22(1) Правилами мониторинга цен, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2016 г. № 1452												
Наименование субъекта Российской Федерации												
Наименование зоны субъекта Российской Федерации												
(наименование стройки)												
(наименование объекта капитального строительства)												
ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ (СМЕТА) №												
Строительство уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог												
(наименование работ и затрат)												
Составлен	базисно-индексным	методом										
Основание	(проектная и (или) иная техническая документация)											
Составлен(а) в текущем (базисном) уровне цен	2 квартал 2023 г											
Сметная стоимость	0,19	(0,01)	тыс.руб.									
в том числе:												
строительных работ	0,16	(0,01)	тыс.руб.				Средства на оплату труда рабочих				(0) тыс.руб.	
монтажных работ	0,00	(0)	тыс.руб.				Нормативные затраты труда рабочих				0,01 чел. час.	
оборудования	0,00	(0)	тыс.руб.				Нормативные затраты труда машинистов				0,02 чел. час.	
прочих затрат	0,00	(0)	тыс.руб.									
№ п/п	Обоснование	Наименование работ и затрат	Единица измерения	Количество			Сметная стоимость в базисном уровне цен (в текущем уровне цен (п. 8) для ресурсов, отсутствующих в ФРСН), руб.			Индексы	Сметная стоимость в текущем уровне цен, руб.	
				на единицу	коэффициенты	все с учетом коэффициентов	на единицу	коэффициенты	все			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Раздел 1. Новый раздел												
1	ФЕР27-04-001-01	Устройство подстилающих и выравнивающих слоев оснований: из песка	100 м3	0,001	1	0,001						
		1 ОТ					115,49		0,12			
		2 ЭМ					3 262,79		3,26			
		3 в т.ч. ОТм					171,22		0,17			
		4 М					12,20		0,01			
		ЗТ	чел.-ч	14,4		0,0144						
		ЗТм	чел.-ч	13,88		0,01388						
		Итого по расценке					3 390,48		3,39			
		ФОТ							0,29			
	Пр/812-021.0-1	НР Автомобильные дороги	%	147		147			0,43			
	Пр/774-021.0	СП Автомобильные дороги	%	134		134			0,39			
		Всего по позиции							4,21			
2	ФССЦ-02.3.01.02-0016	Песок природный для строительных: работ средний с крупностью зерен размером свыше 5 мм-до 5% по массе (Автомобильные дороги)	м3	0,11	1	0,11	55,26		6,08			
		Всего по позиции							6,08			
3	ФЕР01-02-001-01	Устройство оснований снега однослойных катками на пневмоколесном ходу 15 т на первый проход по одному следу при толщине слоя: 25 см Объем=0,25 / 1000	1000 м3	0,00025	1	0,00025						
		2 ЭМ					1 299,08		0,32			
		3 в т.ч. ОТм					212,78		0,05			
		ЗТм	чел.-ч	15,67		0,0039175						
		Итого по расценке					1 299,08		0,32			
		ФОТ							0,05			
	Пр/812-001.1-1	НР Земляные работы, выполняемые механизированным способом	%	92		92			0,05			
	Пр/774-001.1	СП Земляные работы, выполняемые механизированным способом	%	46		46			0,02			
		Всего по позиции							0,29			

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
ТОРГОВЫЙ ДОМ
«УРАЛО-СИБИРСКАЯ КОМПАНИЯ»

УТВЕРЖДАЮ:
Директор
ООО ТД «Урало-
Сибирская Компания»


А.А. Кунгуров
«__» _____ 2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Директор
Дорожно-строительная
лаборатория «Карпинская»
ИП Яковлева М.Н.
М.Н. Яковлева
«__» _____ 2023 г.



Технологический регламент

на технологический контроль при выполнении работ по
устройству уплотненных снежных дорожных покрытий зимних
лесных дорог

Дата введения без ограничения срока действия

Екатеринбург,
2023 г.

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации - ГОСТ Р 1.0-2012 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения».

Сведения о технологическом регламенте

1. РАЗРАБОТАН: Дорожно-строительная лаборатория «Карпинская» ИП Яковлева М.Н.: инженер лаборант Морозкова Е.М., инженер Лабыкин А.А., главный технолог Яковлев А.Г.
2. ВНЕСЕН: ООО ТД «Урало-Сибирская Компания»
3. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Директора ООО ТД «Урало-Сибирская Компания» № 42 от 04 сентября 2023 г.
4. РЕЦЕНЗЕНТ: к.т.н. Дедюхин А.Ю., директор НИИ ЛАДОР в составе ООО ИЦ «ДТ»
5. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© ООО ТД «Урало-Сибирская Компания»

Настоящий технологический регламент не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован или распространен в качестве официального издания без разрешения ООО ТД «Урало-Сибирская Компания»

Содержание

	Стр.
1. Область применения	4
2. Перечень нормативной документации, используемой при устройстве уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог ...	4
Термины и определения.....	6
3. Характеристика производства. Материально-технические ресурсы.....	7
4. Требования к исходным материалам и материалам, обеспечивающим технологический процесс по устройству уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог	7
5. Технологическая последовательность по строительству уплотненного снежного дорожного покрытия зимних лесных дорог.....	9
6. Технологический контроль качества работ.....	14
7. Требования безопасности	17
8. Требования к персоналу, задействованному на дорожно-строительных работах	19
9. Требования по охране окружающей среды.....	20
10. Список приложений.....	20
Приложение А	21
Приложение Б	22
11. Лист регистрации изменений.....	23

1. Область применения

Данный технологический регламент распространяется на выполнение работ, направленных на строительство зимних лесных дорог с уплотненным снежным дорожным покрытием.

Под уплотненным снежным дорожным покрытием лесных дорог понимается дополнительно уплотненный слой снега, состоящего из одного или нескольких слоев снежного покрова и обеспечивающий требуемое перераспределение и снижение напряжений на расположенные ниже дополнительные слои дорожных одежд зимних лесных дорог или на грунт земляного полотна.

Для устройства уплотненных снежных дорожных покрытий лесных дорог предусматривается использование твердых зимних осадков, выпадающих на территориях лесосырьевых баз Уральского региона.

2. Перечень нормативной документации, используемой при устройстве уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог

№ пп	Наименование нормативной документации	Дата введения	Срок действия
1	2	3	4
1. Нормативная документация, регламентирующая качественные показатели продукции, исходных материалов и материалов, обеспечивающих технологический процесс			
1.	СП 34.13330.2021 «Автомобильные дороги». Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85	01.01.2021	–
2.	СП 37.13330.2012 «Промышленный транспорт». Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91.	01.01.2013	–
3.	СП 78.13330.2012 «Автомобильные дороги». Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85	01.07.2013	–
4.	ГОСТ Р 58948-2020 Дороги автомобильные зимние и ледовые переправы. Технические правила устройства и содержания.	01.01.2020	
5.	СП 318.1325800.2017 Дороги лесные. Правила эксплуатации. М.: ФАУ «ФЦС». – 2017. – 85 с.	01.01.2017	
6.	СП 243.1326000.2015 Проектирование и строительство автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения	01.12.2015	–
7.	СП 288.1325800.2016 Дороги лесные. Правила проектирования и строительства	17.07.2017	–
8.	ВСН 137-89 Проектирование, строительство и содержание зимних автомобильных дорог в	01.01.1990	–

	условиях Сибири и северо-востока СССР / Введ. – 1990.01.01 – М.: Транспорт, 1991. – 157 с.		
2. Нормативная документация, регламентирующая методы испытания и контроля			
9.	ГОСТ Р 50597-2017 Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля (с Поправками). Введ.2018-06-01.–М.: ФГУП Стандартинформ, 2017. – 18 с.	01.06.2018	
10.	ГОСТ 33181-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к уровню зимнего содержания (с Поправкой). Введ.2015-12-01. –М.: ФГУП Стандартинформ, 2016. -24 с.	01.12.2015	
11.	Руководство по эксплуатации гражданских аэродромов Российской Федерации (РЭГА РФ-94). Утверждено Приказом директора Департамента воздушного транспорта от 19.09.94 № ДВ-98. Вступило в силу 09/12/1998. Новосибирск: Изд-во НИФ "Бестек-воздух", 1999.- 232 с.	09.12.1998	
12.	Руководство по эксплуатации электронного динамического плотномера грунта с легким падающим грузом ZORN ZFG 3.0 / Научно-производственное предприятие «АНАЛИТПРОМПРИБОР», 2011. – 29 с	30.06.2011	
3. Общие нормативные документы			
13.	Правила по охране труда при производстве дорожных строительных и ремонтно-строительных работ	11.12.2020	31.12.2025
14.	СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования	01.09.2001	–
15.	СНиП 12-04-2002. Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство	01.01.2003	–
16.	ТИ-008-2002 Типовая инструкция по охране труда для машиниста автогрейдера	–	–
17.	ТОИР-218-07—93 Типовая инструкция по охране труда для машиниста катка	–	–
18.	ТОИР-218-26—94 Типовая инструкция по охране труда для машиниста автополивомоечной машины	–	–

19.	ОДМ 218.3.031-2013 Методические рекомендации по охране окружающей среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог	24.04.2013	–
20.	Правила противопожарного режима в Российской Федерации	16.09.2020	01.01.2027
21.	ТР ТС 014/2011 Безопасность автомобильных дорог	18.12.2011	–

Примечание - При пользовании настоящим технологическим регламентом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

Термины и определения

В настоящем технологическом регламенте применяются следующие термины с соответствующими определениями:

Автомобильная дорога – комплекс конструктивных элементов, предназначенных для движения с установленными скоростями, нагрузками и габаритами автомобилей и иных наземных транспортных средств, осуществляющих перевозки пассажиров и (или) грузов, а также участки земель, предоставленные для их размещения;

Лесная дорога – объект лесной транспортной инфраструктуры, создаваемый в целях использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов.

Дорожное покрытие – верхняя часть дорожной одежды, устраиваемая на дорожном основании, непосредственно воспринимающая нагрузки от транспортных средств и предназначенная для обеспечения заданных эксплуатационных требований и защиты дорожного основания от воздействия погодных-климатических факторов;

Зимняя лесная дорога – слой основания дорожной одежды, устраиваемый из твердых снежных осадков, служит дорожным покрытием.

Уплотненный снежный покров – слой твердых снежных осадков характеризующий несущую способность дорожной конструкции.

Модуль динамического прогиба – динамический прогиб снежного дорожного покрытия, вызываемый прибором динамического нагружения, измеряется в МПа.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДСТВА. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Потребность в машинах и оборудовании.

3.1. Механизация строительных и специальных строительных работ должна быть комплексной и осуществляться комплектами строительных машин, оборудования, средств малой механизации, необходимой монтажной оснастки, инвентаря и приспособлений.

3.2. Средства малой механизации, оборудование, инструмент и технологическая оснастка, необходимые для выполнения работ по устройству строительства уплотненных снежных покрытий зимних лесных дорог, должны быть скомплектованы в нормокомплекты в соответствии с технологией выполняемых работ.

3.3. При выборе машин и установок необходимо предусматривать варианты их замены в случае необходимости. Если предусматривается применение новых строительных машин, установок и приспособлений, необходимо указывать наименование и адрес организации или предприятия-изготовителя.

3.4. Примерный перечень основного необходимого оборудования, машин, механизмов, технологической оснастки, инструмента и приспособлений приведен в таблице 3.1.

3.1. Краткая характеристика основного технологического оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Основные паспортные характеристики
1	Трубный профилировщик	Рабочая массой Q = 6,8 т
2	Снегоочиститель плужный	мощностью двигателя 176 кВт
3	Автогрейдер	Мощность двигателя 99 кВт
4	Каток пневмоколесный	Рабочая массой Q = 10-12 т
5	Машина КДМ	Мощность двигателя 90 кВт
6	Бульдозер ДЗ-171.1	Мощностью двигателя 125 кВт

4. ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПО УСТРОЙСТВУ УПЛОТНЕННЫХ СНЕЖНЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ ЗИМНИХ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

4.1. Обязательным условием начала формирования уплотненного снежного покрытия на лесных дорогах является выпадение продолжительных и интенсивных осадков в виде снега.

Вторым условием для формирования уплотненного снежного слоя является относительная влажность воздуха от 65 до 85%.

Средняя интенсивность выпадения твердых снежных осадков по Уральскому Федеральному округу зависит от природно- климатических характеристик территорий и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1. Средние значения многолетних наблюдений интенсивности выпадения снежных осадков по дорожно-климатическим подзонам, расположенных на территориях лесосырьевых баз Свердловской области

Дорожно-климатические подзоны Свердловской области	Интенсивность выпадения снежных осадков по месяцам, мм/сут				
	Январь	Февраль	Март	Ноябрь	Декабрь
А	14,1	20,8	19,1	26,4	24,0
В	8,2	14,4	12,5	17,4	14,7
С	11,9	16,5	15,7	23,5	19,9

Толщина рыхлого слоя снега на дорожном покрытии зависит от интенсивности и продолжительности выпадения снежных осадков. Зависимость количества откладывающегося снежных осадков на отдельных, не снегозаносимых участках лесных дорог зависит от времени его выпадения. Следует учитывать, что на снегозаносимых участках объем снега, попавшего на дорожное покрытие лесной дороги, может существенно увеличиться по сравнению с первоначальным объемом снежных отложений, распределяющимися на защищенных участках элементов лесной инфраструктуры.

Оценка возможных значений, наибольшей толщины уплотненного снежного покрова на проезжей части лесной дороги необходимо оценивать по уравнению:

$$H_{\text{упп}} = \frac{h_c S \gamma_c}{\gamma_n} \quad (4.1)$$

где h_c - толщина слоя снежного покрова, выпадающего в течении всего зимнего периода года, см;

S - общая, расчетная площадь снежного дорожного покрытия, см²;

γ_c - начальная плотность свежеснежавшего снега, г/см³

γ_n - плотность снежного покрытия в уплотненном слое, г/см³.

Рассчитанные по выражению (4.1) наибольшие значения толщины уплотненного слоя представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Наибольшая, расчетная величина уплотненного снежного покрова, в последний день месяца с учетом износа и испарения снега, см

Дорожно-климатическая подзона	Скорость движения лесовозных автопоездов, км/ч	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март
А	50...60	4,5	8,9	13,3	15,2	15,7
	61...70	4,3	8,1	11,0	12,8	13,3
В	51...60	3,9	6,9	9,0	10,1	10,0
	61...70	3,8	6,7	8,4	9,3	9,0
С	50...60	4,0	6,9	9,1	10,3	11,2
	61...70	3,9	8,1	11,0	12,4	13,3

4.2 Условием начала строительства зимних лесных дорог является наличие снежного покрова на дорожном покрытии.

4.3. Условием для создания уплотненного снежного покрытия является отрицательная температура и относительная влажность воздуха, в диапазоне от 65 до 85%..

4.4. Наименьшее значение снежного покрова на зимней лесной дороге должна составлять не менее 6 см.

5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ УПЛОТНЕННОГО СНЕЖНОГО ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ЗИМНИХ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

Технологическая последовательность разработана на основе методов научной организации и предназначена для использования при разработке проектов производства работ и организации труда на строительном объекте.

В состав работ входят:

- подготовительные работы по формированию основания зимней лесной дороги по требованиям СП 78.133330.2012 земляное полотно;
- накопление снежных осадков;
- контроль отрицательных температур;
- послойное разравнивание снежного материала, профилирование и придание поперечного профиля покрытию дорожной одежды;
- уплотнение снежного покрытия;
- технологический контроль степени уплотнения снежного покрытия;
- уход за снежным покрытием, технологический перерыв;
- планировка уплотненного снежного покрытия автогрейдером.

Организация и технология производства работ

Объем снега, используемого на каждую длину дороги определяют по выражению:

$$V = L \cdot B \cdot h \cdot k_{\text{зап}}, \quad (5.1)$$

где L – длина сменной выработки, м;
 B – ширина дорожного покрытия в м;
 h – толщина уплотненного снежного покрытия, в м;
 $k_{\text{зап}}$ – коэффициент запаса на уплотнение.

Коэффициент запаса для снега свежеснежавшего принимают от 1,5 до 1,6, для снега слежавшегося от 1,1 до 1,2.

Наименьшая толщина распределяемого слоя должна быть не менее 5 см.

Максимальная толщина слоя не должна превышать возможности перемещения дорожных машин по слою снега, но не более 30 см.

Продолжительность технологического разрыва во времени между распределением снега по дорожному покрытию и его последующим уплотнением регламентируется погодными-климатическими условиями. При этом контролируется влажность снега и температура воздуха.

Планировку снежного покрытия следует производить с помощью автогрейдера или бульдозера. Уплотнение должно производиться после распределения снега по дорожному покрытию.

В процессе уплотнения необходимо соблюдать следующие правила:

1. Обжимку снега производить бульдозерным отвалом, при движении его задним ходом. Уплотнение следует производить в строгом соответствии с данным технологическим регламентом.

2. Пневмокоток перемещается параллельно оси лесной дороги со скоростью от 2 до 7 км/ч. Меньшая скорость соответствует первым проходам, наибольшая последним проходам.

3. Гладилки или трубные финишеры перемещаются со скоростью до 15 км/ч.

4. Начальные проходы пневмокотков желательно осуществлять ведущими колесами вперед.

5. Процесс уплотнения пневмокотками должны быть в непрерывным и равномерным.

6. С целью исключения образования деформаций снежного слоя каждый последующий проход пневмокотка должен быть смещен на величину, равную диаметру вальца.

Снежный слой следует уплотнять за несколько этапов:

1. Первый этап уплотнения – первичное уплотнение.

Производится разравнивание слоя и его предварительное уплотнение. Происходит обжимка снега и выравнивание поверхности слоя бульдозерным

отвалом, при движении бульдозера задним ходом. Основная задача на первом этапе состоит в распределении снега и его первичного уплотнения.

2. Второй этап уплотнения – стабилизация снежного покрытия.

По мере формирования структуры уплотненного снежного покрытия происходит взаимное сближение снежных частиц.

Перерыв между уплотнениями следует проводить согласно таблице 6.2.

Признаками окончания стабилизации снежного покрытия может служить отсутствие деформации на снежных покрытиях лесной дороги.

3. Третий этап уплотнения – финишное уплотнение.

Окончательное уплотнение и формирование прочного снежного дорожного покрытия за счет создания контактов между снежинками. Уплотнение производится от краев к середине дорожного покрытия.

Признаки окончания уплотнения:

– отсутствие следа на уплотненном покрытии слое от прохода пневмокатка.

В случае если после уплотнения на покрытие выпадает снег, проводятся мероприятия по его очистке.

По сформированному уплотненному снежному покрытию, разрешается открывать движение лесовозных автомобилей при условии ограничения скорости до 30 км/час, с регулированием движения по всей ширине покрытия.

Работы по строительству уплотненного снежного покрытия выполняются по разработанной технологической последовательности поточным методом на трех участках работ.

На первом участке работ – 1000 м - выполняются следующие технологические операции:

Разравнивание и распределения снега по всей ширине дорожного покрытия. Формирование снежного покрытия устройством для формирования уплотненного снежного покрытия.

Предварительное уплотнение. Работает бульдозер ДЗ-171.1 (мощность двигателя 125 кВт);

На втором участке работ – 1000 м - выполняются следующие технологические операции:

– Разравнивание снежного дорожного покрытия автогрейдером ДЗ-180 (мощность двигателя 99 кВт);

– Уплотнение и строительство уплотненного снежного покрытия пневмокатком ДУ-100, с рабочей массой $Q = 12$ т;

На третьем участке работ – 1000 м - выполняется технологический перерыв в зависимости от условий (таблица 4.3.)

На четвертом участке работ – 1000 м - выполняются следующие технологические операции:

– Обжимка снежного дорожного покрытия, трубным профилировщиком с рабочей массой $Q = 9,8$ т;

– Планировка слоя автогрейдером ДЗ-180 (мощность двигателя 99 кВт).

Планировку материала следует производить с помощью автогрейдера непосредственного после распределения и уплотнения снега, а затем немедленно следует приступать к уплотнению. Производительность автогрейдера на планировочных работах определяется расчетом по выражению

$$П = \frac{3600 K_B L (B \sin \phi - a_n)}{\left(\frac{L}{V_{px}} + t_n\right) m}, \quad (5.2)$$

где $П$ – эксплуатационная производительность, м²/ч;

L – длина планируемого участка (захватки), м;

B – ширина отвала, м;

ϕ – угол захвата, град;

a_n – ширина полосы перекрытия, $a_n = 0,15 \dots 0,20$ м;

V_{px} – рабочая скорость перемещения машины, м/с;

t_n – продолжительность разворота, $t_n = 10 \dots 20$ с;

m – число проходов по одному месту, $m = 1 \dots 2$.

Уплотнение необходимо производить пневмокатками массой не менее 9 т и более, ориентировочно за 6 - 10 проходов катка по одному следу. Эксплуатационную производительность пневмокатков по уплотнению определяют как по площади поверхности, уплотняемой в единицу времени (м²/ч),

$$П_s = \frac{1000(B_B - a_B)v_k k_B}{z}, \quad (5.3)$$

где B_B – ширина укатываемой полосы, равная ширине вальца, м;

a_B – размер перекрытия рабочего прохода, $a_B = 0,05-0,1$ м;

v_k – рабочая скорость, для пневмокатка $v_k = 1,5-6$ км/ч,

z – число проходов;

k_B – коэффициент использования машины во времени, $k_B = 0,8-0,9$;

В процессе уплотнения необходимо соблюдать следующие правила:

1. Уплотнение следует производить в строгом соответствии с рекомендациями.

2. Каток должен двигаться параллельно оси дороги со скоростью 2...3 км/ч.

3. На покрытиях с продольным уклоном более 30 % уплотнение следует производить снизу вверх.

4. При первых проходах катков во избежание волн ведущие вальцы должны быть впереди.

5. Во время уплотнения катки должны быть в непрерывном и равномерном движении.

6. Запрещается останавливать катки или резко менять направление движения на неуплотненном слое.

7. Для исключения образования деформации снежного покрытия каждый последующий след катка должен быть смещен в направлении уплотнения относительно предыдущего на величину, примерно равную диаметру вальца.

Снежное покрытие следует уплотнять за несколько этапов:

Первый этап уплотнения – выглаживание, обжимка.

Производится выглаживание или предварительное уплотнение. Происходит обжимка снега и выравнивание поверхности слоя. Основная задача на этапе выглаживания состоит в некотором начальном выглаживании еще рыхлого снега и предварительном его обжатии.

Второй этап уплотнения – стабилизация снежного покрытия.

По мере формирования уплотненного снежного покрытия уплотнение следует начинать от края слоя с последующим приближением к середине и уменьшением числа проходов по оси основания до одного.

Признаками окончания уплотнения служит отсутствие деформации снежного слоя в виде волны перед вальцом катка.

Третий этап уплотнения - доуплотнение.

Окончательное доуплотнение и формирование прочного уплотненного снежного дорожного покрытия.

По уплотненному снежному слою, разрешается открывать движение лесовозных автомобилей при условии ограничения скорости до 20 км/час и регулировать движение по всей ширине слоя.

В случае нарушения ровности слоя под движением транспортных средств перед устройством вышележащего слоя дорожной одежды, с помощью автогрейдера производится исправление неровностей. При необходимости впадины на поверхности дорожного покрытия заполняют снегом и уплотняют пневмокатками.

Работы по строительству уплотненного снежного покрытия выполняются по разработанной технологической последовательности поточным методом на трех участках работ.

На первом участке работ – 1000 м - выполняются следующие технологические операции:

Разравнивание и распределения снега по всей ширине дорожного покрытия. Формирование снежного покрытия устройством для формирования уплотненного снежного покрытия. Предварительное уплотнение. Работает бульдозер ДЗ-171.1 (мощность двигателя 125 кВт);

На втором участке работ – 1000 м - выполняются следующие технологические операции:

– Разравнивание снежного дорожного покрытия автогрейдером ДЗ-180 (мощность двигателя 99 кВт);

– Уплотнение и строительство уплотненного снежного покрытия пневмокатком ДУ-100, с рабочей массой $Q = 12$ т;

На третьем участке работ – 1000 м - выполняется технологический перерыв в зависимости от условий (таблица 4.3.)

На четвертом участке работ – 1000 м - выполняются следующие технологические операции:

- Обжимка снежного дорожного покрытия, трубным профилировщиком с рабочей массой $Q = 9,8$ т;
- Планировка слоя автогрейдером ДЗ-180 (мощность двигателя 99 кВт).

6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТ

Технологический контроль должен базироваться на следующих принципах:

1. Контроль должен быть достоверным, полным и эффективным на всех стадиях строительства зимних лесных дорог. Полным контроль может быть при условии выполнения всех испытаний, предусмотренных нормативными документами, регламентирующими определенный вид работ.
2. При отсутствии лабораторной службы лесозаготовительное предприятие или арендатор лесных участков обязано иметь собственную систему контроля качества.
3. Общая структурная схема системы контроля качества представлена на рисунке 6.1.

При разработке системы технологического контроля качества были использованы основные положения ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий».

Под входным контролем качества дорожно-строительных материалов будем считать оценку природно-климатических условий: интенсивность выпадения осадков, температуру воздуха, влажность воздуха.

Структурная схема технологического контроля качества строительства зимних лесных дорог представлена на рисунке 6.1.

Операционный контроль качества строительства зимних лесных дорог осуществляет лаборатория строительной организации или арендатор лесных участков, осуществляющий строительство зимних дорог (Приложение А, таблица А.1).

Приемочный контроль качества подготовительных работ осуществляет мастер или прораб с участием представителей арендаторов.

Дорожные покрытия, подготовленные в осенний период, следует проверять внешним осмотром на соответствие требованиям Технологического регламента.

Во время операционного контроля следует оценивать качество распределения снега по покрытию, качество уплотнения слоя.

В процессе разравнивания снега необходимо оценивать ширину и толщину слоя, качество поверхности, уклоны в поперечной плоскости, с интервалом не менее 500 м.

Уплотнение снежного покрытия контролируют визуально и с помощью экспресс методов.

Качество уплотнения оценивается по модулю динамического прогиба снежного покрытия. Измерение динамического модуля упругости слоя осуществляется в точках, представленных в картах рабочего процесса. Требования к снежным дорожным покрытиям представлены в таблице 6.1.

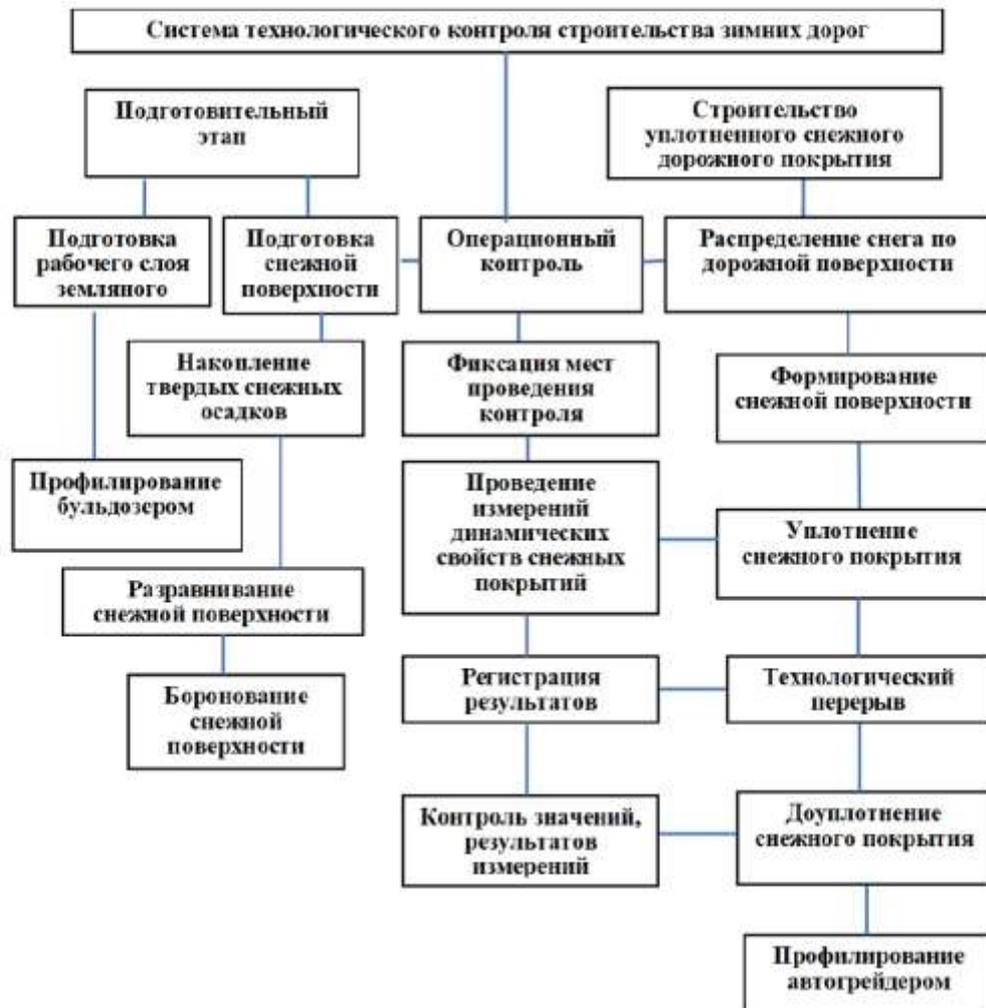


Рисунок 6.1 – Структурная схема технологического контроля качества строительства зимних лесных дорог

В таблице 6.1 представлена продолжительность технологического перерыва при устройстве уплотненного снежного покрытия лесных дорог.

Таблица 6.1. Требования технологического контроля к уплотнённым снежным дорожным покрытиям зимних лесных дорог

п/п	Транспортно-эксплуатационный показатель	Тип снежного покрытия	Толщина снежного покрытия, см	модуль динамического прогиба снежного покрытия, МПа		
				При 0°C	При - 5 °C	При - 15 °C
1	Прочность снежного дорожного покрытия лесной дороги	Рыхлый, обвалованный	5,0	50-60	60-70	80-90
			10,0	25-35	40-50	10-50
			15,0	15-25	20-30	20-30
			25,0	15-25	10-20	25-25
2	Прочность снежного дорожного покрытия лесной дороги	Уплотненный, слежавшийся	5,0	120-130	130-140	130-140
			10,0	125-135	120-130	102-130
			15,0	130-140	130-140	140-150
			25,0	110-120	110-120	120-130
2	Прочность снежного дорожного покрытия лесной дороги	Уплотненный снежный покров	5,0	180-190	180-190	190-200
			10,0	150-160	110-120	165-175
			15,0	170-180	130-140	120-130
			25,0	190-200	150-160	130-140

Модуль динамического прогиба снежного покрытия, в различных природно-климатических условиях должен соответствовать нормативным значениям и быть не менее расчетных значений, представленных в таблице 6.1.

В случае неудовлетворительного качества проведения работ, принятые значения пересматриваются.

Устройство дорожного покрытия на слое с необеспеченного динамического модуля упругости возможно только при условии доведения его значения до требуемого значения.

Требования технологического контроля к продолжительности технологического перерыва при устройстве уплотненного снежного покрытия зимних лесных дорог представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2. Требования технологического контроля к продолжительности технологического перерыва при устройстве уплотненного снежного покрытия зимних лесных дорог

Температура воздуха °С	Продолжительность технологического перерыва, час	Температура воздуха °С	Продолжительность технологического перерыва, час
- 2 ... - 5	24...30	- 11 ... - 15	12 ... 16
- 6 ... - 10	16 ... 24	- 20 и ниже	6 ... 8

Устройство вышележащего слоя на слой с необеспеченным модулем упругости осуществляется только после доведения его значения до нормативного уровня путем доуплотнения слоя или укладки дополнительного слоя.

После уплотнения и отделки слоя через каждые 500 м следует проверить ширину и толщину слоя, его ровность и поперечные уклоны, а также высотные отметки. Результаты промеров заносятся в журнал.

7. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

7.1. При выполнении работ следует руководствоваться действующими нормативными документами:

- Правила по охране труда при производстве дорожных строительных и ремонтно-строительных работ;
- СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования;
- СНиП 12-04-2002. Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство.

7.2. Ответственность за выполнение мероприятий по технике безопасности, охране труда, промышленной санитарии, пожарной и экологической безопасности возлагается на руководителей работ, назначенных приказом.

Ответственное лицо осуществляет организационное руководство работами непосредственно или через бригадира. Распоряжения и указания ответственного лица являются обязательными для всех работающих на возведении земляного полотна.

7.3. Охрана труда рабочих должна обеспечиваться выдачей администрацией необходимых средств индивидуальной защиты (специальной одежды, обуви и др.), выполнением мероприятий по коллективной защите рабочих (ограждения, освещение, вентиляция, защитные и предохранительные устройства и приспособления и т.д.), санитарно-бытовыми помещениями и устройствами в соответствии с действующими нормами и характером

выполняемых работ. Рабочим должны быть созданы необходимые условия труда, питания и отдыха. Работы выполняются в спецобуви и спецодежде.

7.4. Сроки выполнения работ, их последовательность, потребность в трудовых ресурсах устанавливаются с учетом обеспечения безопасного ведения работ и времени на соблюдение мероприятий, обеспечивающих безопасное производство работ, чтобы любая из выполняемых операций не являлась источником производственной опасности для одновременно выполняемых или последующих работ.

7.5 При разработке методов и последовательности выполнения работ следует учитывать опасные зоны, возникающие в процессе работ. При необходимости выполнения работ в опасных зонах должны предусматриваться мероприятия по защите работающих.

На границах опасных зон должны быть установлены предохранительные защитные и сигнальные ограждения, предупредительные надписи, хорошо видимые в любое время суток.

7.6. Санитарно-бытовые помещения, автомобильные и пешеходные дороги должны размещаться вне опасных зон. В вагончике для отдыха рабочих должны находиться и постоянно пополняться аптечка с медикаментами, носилки, фиксирующие шины и другие средства для оказания первой медицинской помощи. Все работающие на строительной площадке должны быть обеспечены питьевой водой.

7.7. Лицо, ответственное за безопасное производство работ, обязано:

- ознакомить рабочих с технологической картой под роспись;
- следить за исправным состоянием инструментов, механизмов и приспособлений;
- разъяснить работникам их обязанности и последовательность выполнения операций;
- прекращать работы при силе ветра более 11,0 м/сек во время сильного снегопада, ливневого дождя, тумана или грозы при видимости менее 50 м.

7.8. К выполнению работ допускаются лица в возрасте не моложе 18 лет, прошедшие:

- медицинский осмотр и признанные годными для работы в строительстве;
- обучение и проверку знаний по безопасным методам и приемам труда, пожарной безопасности, оказанию первой медицинской помощи и имеющие об этом специальное удостоверение;
- вводный инструктаж по технике безопасности, производственной санитарии и инструктаж непосредственно на рабочем месте.

Повторный инструктаж проводится не реже одного раза в три месяца. Проведение инструктажа регистрируется в специальном журнале.

7.9. Техническое состояние машин необходимо проверять перед началом каждой смены.

Каждая машина должна быть оборудована звуковой сигнализацией. Перед пуском ее в действие необходимо подавать звуковой сигнал.

7.10. Перед пуском машин необходимо убедиться в их исправности, наличии на них защитных приспособлений, отсутствии посторонних лиц на рабочем участке.

7.11. При работе нескольких машин, идущих друг за другом, необходимо соблюдать дистанцию между ними не менее 10 м.

7.12. Машинистам запрещается:

- работать на неисправных механизмах;
- на ходу, во время работы устранять неисправности;
- оставлять механизм с работающим двигателем;
- допускать посторонних лиц в кабину механизма;
- стоять перед диском с запорным кольцом при накачивании шин;
- производить работы в зоне действия кранов и ЛЭП любого напряжения.

7.13 При работе автогрейдера необходимо соблюдать следующие требования:

- при развороте автогрейдера в конце профилируемого участка, а также на крутых поворотах, движение должно осуществляться на минимальной скорости;
- разравнивать снега на насыпях высотой более 1,5 м необходимо под наблюдением ответственного лица;
- расстояние между бровкой земляного полотна и внешними (по ходу) колесами автогрейдера должно быть не менее 1,0 м.

7.14. При работе на уплотняющей технике необходимо соблюдать следующие требования:

- каток должен быть оборудован звуковыми и сигнальными приборами, за исправностью которых должен следить машинист;
- на свежесыпанном слое снежного покрытия вальцы катка должны быть не ближе 0,5 м от бровки откоса;
- машинист катка должен носить спецодежду, для предохранения глаз от пыли следует надевать защитные очки.

8. ТРЕБОВАНИЯ К ПЕРСОНАЛУ, ЗАДЕЙСТВОВАННОМУ НА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТАХ

Рабочие, занятые на дорожно-строительных работах, должны иметь профессиональное образование, соответствующее профилю выполняемых работ, должны быть обучены безопасным приемам работы, знать сигналы аварийного оповещения, правила поведения при авариях, места расположения средств спасения и уметь пользоваться ими. Иметь инструкции по безопасному ведению технологических процессов, безопасному обслуживанию и эксплуатации машин и механизмов. Рабочие не реже чем каждые шесть месяцев должны проходить повторный инструктаж по безопасности труда и не реже одного раза в год – проверку знания инструкций по профессиям. Результаты проверки оформляются протоколом с записью в журнал инструктажа.

Численный состав персонала, задействованного на дорожно-строительных работах (выполнение работ по устройству щебеночных покрытий лесных дорог из некондиционных каменных материалов):

1. Машинист бульдозера, V разряда – 1;
 2. Машинист автогрейдера, VI разряда – 1;
 5. Машинист самоходного пневмокатка, VI разряда – 1
 6. Дорожный рабочий II разряда – 1;
 7. Дорожный рабочий III разряда – 1.
- Всего 5 человек.

9. ТРЕБОВАНИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

9.1. При выполнении работ следует руководствоваться действующими нормативными документами:

- ОДМ 218.3.031-2013 Методические рекомендации по охране окружающей среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог.

10. СПИСОК ПРИЛОЖЕНИЙ

1. Приложение А. Схема технологического контроля качества работ при строительстве уплотненного снежного покрытия зимних лесных дорог
2. Приложение Б. Тип рекомендуемой конструкции дорожной одежды зимних лесных дорог с уплотненным снежным покрытием

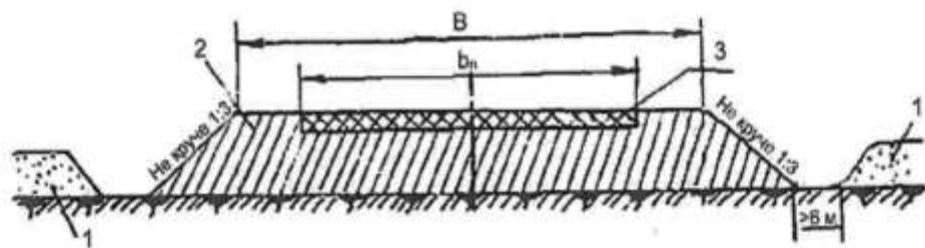
Приложение А
(обязательное)

Таблица А.1 – Схема технологического контроля качества работ при строительстве уплотненного снежного покрытия зимних лесных дорог

Основные операции, подлежащие контролю	Состав контроля	Метод и средства контроля	Режим и объем контроля	Лицо, осуществляющее контроль	Предельные отклонения от норм контролируемых параметров	Где регистрируются результаты контроля
1	2	3	4	5	6	7
Устройство грунтового основания	Соблюдение технологических режимов	<u>Визуальный</u>	Постоянно	Арендатор		Общий журнал работ
	1. Ширина, толщина основания, (в разрыхленном и уплотненном состоянии)	<u>Инструментальный</u> Рулетка измерительная, линейка металлическая	Не реже, чем через 500 м	Арендатор	Отклонение по ширине ± 15 см, по высоте ± 15 мм	Общий журнал работ
Накопление твердых снежных осадков	Соблюдение технологических режимов	<u>Визуальный</u>	Постоянно	Арендатор		Общий журнал работ
	Толщина слоя	линейка металлическая	- // -	- // -	Согласно технологического регламента	- // -
	Погодные условия	<u>Инструментальный</u> Термометр.	Не реже одного раза в смену	Лаборант	Согласно технологического регламента	
Послойное разравнивание слоя снега Обжимка снега гладилками	Ровность	Трехметровая рейка,	- // -	Арендатор	Не более ± 20 мм	Общий журнал работ
		<u>Визуальный</u>	Постоянно	Арендатор		Общий журнал работ
Уплотнение снежного слоя	Прочность при нагружении	<u>Инструментальный</u> <u>Динамический</u> плотномер	Не реже одного раза в смену	Лаборант	Не менее проектного динамического модуля упругости	Журнал контроля
Технологический перерыв	Погодные условия	<u>Инструментальный</u> Термометр, секундомер	Не реже одного раза в смену	Лаборант	Не менее проектного динамического модуля упругости	Журнал контроля
Планировка дорожного покрытия автогрейдером	Ровность	Трехметровая рейка,	- // -	Арендатор	Не более ± 10 мм	Общий журнал работ

Приложение Б (рекомендуемое)

Рекомендуемая конструкция дорожной одежды с уплотненным снежным дорожным покрытием для зимних лесных дорог



1 – существующий снежный покров; 2 – насыпь из уплотненного снега; 3 – ледяное полотно

B – ширина снежного полотна, равная 5,0 м; b_n – ширина проезжей части, равная 3,5

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

**Общество с ограниченной ответственностью Торговый Дом
«Урало-Сибирская Компания»**
620076, Свердловская область, г. Екатеринбург, пл. Жуковского, д.8
ОГРН 1106672016450, ИНН 6672323476, КПП 667901001
Тел./факс: (343) 237-25-28 e-mail: dorekt16@mail.ru

Исх. № _____ от _____ 2023г.
На № _____ от _____ 2023 г.



АКТ

внедрения методик совершенствования технологического
контроля строительства уплотненных снежных покрытий
зимних лесных дорог

Установлено, что при строительстве зимних лесных дорог необходимо учитывать транспортно-эксплуатационные показатели уплотненного снежного покрытия. Методика, алгоритмы и программное обеспечение технологического контроля качества, на зимних лесных автомобильных дорогах предприятий лесопромышленного комплекса Свердловской области и Северного Урала, разработанные аспирантом Лабыкиным Андреем Анатольевичем и научным руководителем профессором Кручининым И.Н., позволили проводить комплексную оценку качества строительства зимних лесных дорог.

Предложенная методика включающая: возможность использования динамических приборов при измерении основных параметров зимних лесных дорог; аналитические зависимости оценки транспортно-эксплуатационного состояния уплотненного снежного покрытия, по модулю динамического прогиба используется в ООО «ТД Урало-Сибирская Компания» (Свердловской области) с 2023 г. при строительстве автозимников на территории Карпинского городского округа для лесозаготовителей Карпинского ЛПК филиал ООО «Ураллеспром».

В результате внедрения получено снижение себестоимости строительства зимних лесных дорог с уплотненным снежным покрытием на 15 – 20 %.

Начальник ПТО

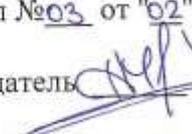
О.Г. Полухина

Аспирант УГЛТУ

А.А. Лабыкин

РЕКОМЕНДОВАНО:

«УТВЕРЖДАЮ»

Методическая комиссия
Инженерно-технического
института
Протокол №03 от "02" 11 2023г.
Председатель  А.А. Чижов/

Проректор по научной работе и
инновационной деятельности ФГБОУ
ВО «Уральский государственный
лесотехнический университет»,
доктор биологических наук,
профессор



Фомин В.В.

11 2023 г.

АКТ

о внедрении в учебный процесс на кафедре Автомобильных дорог, мостов и тоннелей Инженерно-Технического Института по проблеме «Совершенствование методов технологического контроля строительства уплотненных снежных покрытий зимних лесных дорог».

Предусмотренный планом научно-технической программы по грантам и планам аспирантуры.

1. **Выполненный кафедрой Автомобильных дорог, мостов и тоннелей ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет.**

2. **Исполнитель** – д.т.н., профессор Кручинин Игорь Николаевич

3. **Соискатель** — Лабыкин Андрей Анатольевич

4. **Наименование разделов темы, выполненных соискателем:**

Методика оценки транспортно-эксплуатационных показателей зимних лесных дорог, отличающаяся возможностью использования инструментальных методов обследования динамических и прочностных параметров снежного уплотненного дорожного покрытия; аналитические и регрессионные зависимости изменения транспортно-эксплуатационных показателей зимних лесных дорог, отличающиеся возможностью их оценки по модулю динамического прогиба уплотненного снежного дорожного покрытия; рекомендации по совершенствованию технологического контроля качества строительства зимних лесных дорог, отличающиеся возможностью оценки транспортно-эксплуатационных показателей снежного покрытия по модулю динамического прогиба.

Краткое описание результатов внедрения, конечный результат.

Разработаны теоретические основы оценки транспортно-эксплуатационных показателей зимних лесных дорог и система техно-

логического контроля качества строительства уплотненных снежных дорожных покрытий зимних лесных дорог.

5. **Внедрение по курсу дисциплин:** «Транспорт леса», «Эксплуатация лесных автомобильных дорог», «Технологические процессы в строительстве лесных автомобильных дорог», «Строительство лесных автомобильных дорог».

6. **Влияние на качество подготовки специалистов** — решается актуальная задача для лесопромышленного комплекса по строительству и эксплуатации лесотранспортной инфраструктуры лесов.

7. **Рекомендации** — результаты исследований используются в курсовых и выпускных квалификационных работах выпускающей кафедры автомобильных дорог, мостов и тоннелей.

8. **Эффект от внедрения** — результаты исследований опубликованы в пятнадцати научных работах, из них в трех, в изданиях рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, получены патенты на полезные модели.

Состав комиссии:

Зав. кафедрой автомобильных
дорог, мостов и тоннелей



С.А. Чудинов

доцент кафедры автомобильных
дорог, мостов и тоннелей



М.В. Савсюк

доцент кафедры автомобильных
дорог, мостов и тоннелей



А.Ю. Шаров